

# **PLANIFICATION DU RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE MINIMAL**

---

**1<sup>ère</sup> Partie : Règles méthodologiques**

**2<sup>ème</sup> Partie : Application à une région type : la LORRAINE**

Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer  
Service Hydrologique

Ministère de l'Agriculture  
Service de l'Hydraulique

PLANIFICATION  
du  
RESEAU HYDROMETRIQUE MINIMAL

---

1ère partie : Règles méthodologiques

par

P. DUBREUIL	et	J. GUISCAFRE
Directeur de Recherches		Maître de Recherches
à l'O.R.S.T.O.M.		à l'O.R.S.T.O.M.

PARIS, Juillet 1970

Le marché d'études, dont le présent rapport est l'aboutissement, passé entre le Service de l'Hydraulique et l'O.R.S.T.O.M. a pour but d'élaborer les règles méthodologiques permettant de planifier l'implantation des stations du réseau hydrométrique minimal de base, et d'appliquer ces règles à des régions types afin de servir de modèles à d'ultérieures planifications que le Service de l'Hydraulique envisage d'établir pour diverses régions.

C'est pourquoi chaque volume de ce rapport contient en première partie les règles méthodologiques et en seconde partie l'application à une région qui est tantôt la LORRAINE, tantôt le bassin de la MAINE.

## S O M M A I R E

### 1ère partie : Règles méthodologiques

	Pages
1. PLACE et LIMITES de la PLANIFICATION dans l'EVOLUTION du RESEAU	1
1.1 La place de la planification	1
1.2 Le contenu et les limites de la planification	4
2. RASSEMBLEMENT de la DOCUMENTATION et ENQUETE REGIONALE	6
2.1 Documentation générale	6
2.2 Enquête régionale	6
3. ETUDE des CARACTERES du MILIEU PHYSICO-CLIMATIQUE REGIONAL	7
3.1 La nature du sous-sol ou sa perméabilité	9
3.2 Le relief	11
3.2.1 Détermination de la classe de relief d'un bassin	12
3.2.2 Détermination des régions de même classe de relief	15
3.3 Le climat	16
3.4 La végétation	18
3.5 Détermination des zones hydrologiques théoriquement homogènes	19
4. CHOIX des IMPLANTATIONS de STATIONS	20
4.1 Moyens et critères	20
4.2 Mode opératoire	22
5. NATURE des DOCUMENTS de PLANIFICATION	23
BIBLIOGRAPHIE	25



## 2ème partie : Application à une région type : La LORRAINE

	Pages
1. La REGION	27
1.1 Description sommaire	27
1.2 Délimitation de la zone à planifier	29
2. FACTEURS PHYSICO-CLIMATIQUES	30
2.1 Nature du sous-sol ou perméabilité	30
2.1.1 Esquisse géologique	30
2.2 Le climat	32
2.2.1 Aperçu sur le climat lorrain	32
2.2.2 Classe de climat ou de pluviosité	35
2.3 Le relief	35
2.4 Végétation	36
3. Les ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGENES et le CHOIX des STATIONS REPRESENTATIVES	36
3.1 Les zones imperméables	37
3.1.1 Les VOSGES ou VOSGES hercyniennes	37
3.1.2 Les ARDENNES	37
3.1.3 Le PAYS des ETANGS	42
3.1.4 La WOEWRE	42
3.2 Les zones karstiques	42
3.3 Les zones à perméabilité moyenne ou faible	43
3.3.1 La Plaine Sous-Vosgienne, le XAINTOIS, le Plateau de LANGRES, le BASSIGNY Oriental	43
3.3.2 VERMOIS, SAULNOIS, MESSIN	43
3.4 Les zones perméables	43
3.4.1 La ceinture des VOSGES	43
3.4.2 La bordure Nord-Est de la LORRAINE	43
4. Le RESEAU COMPLEMENTAIRE sur BASSINS HETEROGENES	44
5. INTENSITE du RESEAU PROPOSE	46
6. LISTE des CARTES ETABLIES	47
DOCUMENTATION	48
1 Cartographie	48
2 Ouvrages et Documents	48

Il semble nécessaire, dans un premier chapitre faisant office d'introduction, de rappeler la définition d'un réseau hydrométrique, comment il se conçoit, se crée et se développe à partir des besoins des divers utilisateurs tout au long d'un cheminement historique. Ces considérations d'aspect théorique découlent en fait de la réalité telle qu'elle se manifeste en France, comme en d'autres pays.

Ces considérations permettent de mieux situer dans l'évolution d'un réseau hydrométrique l'intérêt et la place qu'occupe, ou plutôt que devrait occuper, la planification du réseau à son stade de densité minimale. Beaucoup d'idées exprimées ici sont extraites d'études antérieures sur l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture [ 1 ] .

## I. PLACE et LIMITES de la PLANIFICATION dans l'EVOLUTION du RESEAU

### 1.1 La place de la planification

Le réseau hydrométrique, ensemble des points de mesures des hauteurs et des débits des cours d'eau, est composé de trois sous-ensembles dans lesquels, les points de mesures sont qualifiés de stations primaires, secondaires ou tertiaires.

- Les stations primaires sont théoriquement pérennes et fixes.
- Les stations secondaires sont théoriquement pérennes (dans leur nombre) mais déplaçables en position après une certaine durée de fonctionnement en un point donné.

Les stations primaires et secondaires constituent l'ossature de base du réseau. On y observe et mesure la totalité de la gamme de hauteurs et de débits.

- Les stations tertiaires répondent aux multiples demandes concernant la ressource "eau de surface" en vue de son utilisation. Certaines de ces stations sont à vocation exclusivement pratique et sont spécifiques d'un problème posé; elles n'ont, a priori, aucune raison d'être pérennes si leur but ne l'exige pas, et en conséquence beaucoup d'entre elles fonctionnent souvent moins de cinq ans : c'est le groupe des stations tertiaires "de projet", d'autres, tout en étant permanentes, ont pour tâche de satisfaire un but précis et dans cela souvent n'exploitent qu'une partie des gammes de hauteurs ou de débits : c'est le groupe tertiaire "de contrôle".

A l'origine, les points de mesures sont installés pour répondre à un problème précis d'utilisation de la ressource en eau de surface; ces stations sont tantôt hydrométriques - on y mesure les hauteurs et les débits -, tantôt limnimétriques - on y mesure seulement les hauteurs. Or, la multiplicité des besoins en eau entraîne la multiplicité des points de mesures; rien n'interdit théoriquement qu'un besoin ne soit à satisfaire

tout au long de chaque cours d'eau français et que l'on ne crée en réponse un point de mesure sur chacun d'eux; ainsi devant ce risque d'exorbitance, il faut modérer cette croissance, pour au moins deux raisons :

a) la fermeture d'un point de mesures est toujours possible quand le problème qui l'a motivé est résolu; cette fermeture entraîne un tarissement de l'information collectée. Or, les études hydrologiques à base de statistique exigent des chroniques de longue durée que cette information limitée dans le temps ne fournit pas. Maintenir des stations de mesures permanentes et complètes est donc une nécessité;

b) le coût de création et d'exploitation d'un nombre considérable de postes de mesures risque d'être exagéré et donc doit être minimisé. Il faut obtenir le maximum d'information pour le moindre prix.

La solution paraît donc être la disponibilité de stations permanentes sources d'une information riche, susceptible de valoriser les observations de courte durée ou de portée limitée, collectées aux points de mesure installés pour répondre à un besoin précis.

Ainsi se justifient la notion de réseau et la hiérarchie établie entre les stations de base - primaires et secondaires - lieux pérennes d'observations complètes et les stations tertiaires, à vocation pratique et limitée soit dans la portée, soit dans le temps.

Mais il est logique que l'objectif tertiaire ait été et reste prioritaire dans la création de stations. La notion de réseau lui est postérieure. Si l'ensemble des stations tertiaires ne constitue pas un réseau, celui-ci s'édifie a posteriori et de préférence par prélèvement dans cet ensemble tertiaire pour mettre en place l'ossature de base primaire-secondaire.

Les stations tertiaires les plus susceptibles de devenir stations de base sont celles qui fournissent théoriquement une information complète sur les hauteurs et les débits et d'autant plus que leur durée d'exploitation continue est longue.

La première sélection de stations pour le réseau de base conduit à la notion de densité minimale, on parle alors de réseau minimal lorsqu'il assure une couverture correcte, sans lacune, du paysage géographique du territoire.

Au début, le réseau minimal se crée en quelque sorte librement par choix a priori ou par ponction dans l'ensemble tertiaire. Cette liberté peut subsister sans entrave jusqu'à ce qu'un certain seuil de densité soit franchi, alors il importe de procéder à la planification du réseau minimal, c'est-à-dire à l'établissement d'un plan de localisation des stations de mesures destinées à former l'ossature de base permanente de ce réseau, en tenant compte des considérations physiques, climatiques et économiques du milieu régional considéré. Ce seuil de densité constitue un critère à utiliser pour statuer sur l'état de développement du réseau et décider de l'opportunité ou de l'urgence de la planification.

On appelle :

- D : la densité de toutes les stations existantes, exprimée en nombre de stations pour 1 000 km<sup>2</sup>,
- D' : la densité des stations de plus de 10 ans d'âge, exprimée en nombre de stations pour 1 000 km<sup>2</sup>, D' étant évidemment plus petit que D,
- Dm : la densité seuil pour le réseau minimal, elle est égale à 3,4 stations pour 1 000 km<sup>2</sup> en zone montagneuse ou méditerranéenne et à 1,4 station pour 1 000 km<sup>2</sup> dans le reste du pays, les stations devant être réparties également entre bassins de moins de 1 000 km<sup>2</sup> et de plus de 1 000 km<sup>2</sup>.

Cette densité seuil a été choisie par références aux normes de densité minimale proposées par l'O.M.M., normes qui ont été adaptées aux paysages et conditions économiques du développement de la France.

Cette densité seuil n'est qu'un indicateur, un "clignotant" informant sur le degré d'évolution du réseau. Elle ne préjuge pas étroitement de la densité finale que l'étude de planification recommandera pour le réseau minimal d'une région.

La conjugaison des conditions en D et D' par rapport à Dm permet d'évaluer l'opportunité des opérations de planification.

Si D' est inférieure à Dm ( $D' < D_m$ ), la planification est :

- à prévoir, c'est-à-dire à faire dès que possible, si D est aussi inférieure à Dm ( $D < D_m$ ),
- urgente, c'est-à-dire à exécuter sous peine d'inutilité à brève échéance, si D est comprise entre Dm et son double ( $D_m < D < 2 D_m$ ).

Si D est supérieure au double de Dm ( $D > 2 D_m$ ) ou D' supérieure à Dm ( $D' > D_m$ ), la planification est peu utile ou inutile, ce qui signifie que le nombre de stations existantes est alors tellement élevé que la planification, en risquant de proposer a priori beaucoup de fermetures ou déplacements, serait soit peu efficace, soit onéreuse et, par conséquent, risquerait de n'être pas mise à exécution, et qu'en tout état de cause, il vaut mieux rationaliser, c'est-à-dire choisir parmi les stations de base celles qui seront primaires et secondaires, et préciser si le nombre de stations de base actuel est suffisant ou non; la rationalisation conduit à la détermination du réseau optimal. C'est le stade final d'évolution du réseau. Il ne peut être atteint qu'après 15 à 20 ans ou moins d'observations continues.

La planification du réseau minimal de base est sur le plan pratique l'établissement d'un plan de localisation des stations de mesures destinées à former l'ossature de base permanente de ce réseau, en tenant compte des conditions physiques, climatiques et économiques du milieu régional considéré.

C'est une opération qui s'effectue a priori, c'est-à-dire sans tenir compte de l'existence éventuelle de stations hydrométriques.

Bien entendu, il y a toujours quelques stations existantes. On doit donc envisager que la première étape pratique après une planification est leur prise en compte effective, c'est-à-dire une confrontation station par station des postes qu'elle propose et de ceux qui existent et une décision résultante de fermeture ou de maintien de postes existants et d'ouverture de postes proposés. Des arbitrages sont concevables.

Nous limitons notre étude à la planification car il n'y a pas de règles pour cette confrontation, sinon qu'il est recommandable de ne pas fermer les postes ayant déjà plus de dix ans d'âge, mais que l'on peut le faire sans scrupule pour les postes plus jeunes si leur implantation est décevante sous l'angle des critères de la planification.

## 1.2 Le contenu et les limites de la planification

La planification s'effectuera en trois phases :

- deux phases pour l'étude des conditions physiques et climatiques :
  - une phase d'étude théorique (sur documents généraux) des caractéristiques du milieu physico-climatique,
  - une seconde phase, d'aspect plus pratique, consistant à confronter l'étude théorique avec les réalités régionales (renseignements locaux sur la géographie physique).

A l'issue de ces deux phases menées conjointement, on aboutit au dessin d'une carte des zones hydrologiques théoriquement homogènes.

- une troisième phase, consistant à la prise en compte des objectifs généraux de l'Administration quant à l'aménagement des bassins et à l'emploi des ressources en eau, afin de choisir les biefs des cours d'eau dans lesquels devraient être implantées de préférence les stations hydrométriques.

L'on aboutit au plan de localisation des stations de mesures destinées à former le réseau minimal de base.

La planification est réalisable au plan régional pour les petits cours d'eau - moins de 1 000 km<sup>2</sup> ou même quelques milliers - mais pour les grands fleuves - LOIRE, RHONE, GARONNE, SEINE etc... - elle ne peut s'exécuter correctement qu'à l'échelle de chaque grand bassin hydrographique.

Comme le réseau de l'Agriculture est composé de stations situées pour la plupart sur des petits cours d'eau (moins de 5 000 km<sup>2</sup> et même moins de 1 000 km<sup>2</sup>), la planification peut se faire à l'échelle de la région ou administrative ou hydrographique, région d'une superficie pouvant varier entre 10 000 et 25 000 km<sup>2</sup> environ.

A cette échelle, on peut attendre une relative homogénéité de la géographie, ce qui facilite l'établissement des règles de planification.

La structure régionale d'action de l'Administration en matière hydraulique, donc de gestion de réseau hydrométrique, étant la région de programme, celle-ci a d'abord été retenue comme cadre pour élaborer la planification.

Cependant, on rencontre un inconvénient dans le cas de la région administrative : généralement, aucune région ne correspond dans ses limites à celle du bassin hydrographique. Le problème se pose devant cette non-concordance de savoir si l'on doit ou non rester strictement dans les limites de la région, ou bien en déborder pour tenir compte des cours d'eau sortant ou entrant dans la région en provenance ou se dirigeant vers une autre région ou un pays voisin étranger. La réponse ne peut être que spécifique de chaque cas, cependant quelques règles générales peuvent être dégagées :

a) Doit être étudié dans une région tout le bassin d'une rivière dont la plus grande partie de celui-ci a été incluse dans cette région, même si ses sources sont hors de la région, ce haut-bassin ne représentant qu'une très petite partie du bassin complet.

b) Doit être également étudiée dans une région toute tête du bassin hydrographique d'une importance suffisante pour que l'aménagement hydraulique de ce haut-bassin intéresse la région, indépendamment du devenir de ce bassin dans la région voisine. On pourra négliger dans une région les têtes de grands bassins qui se développent essentiellement dans une région voisine si ces têtes sont très réduites en surface.

c) Le problème particulier des bassins frontaliers ne peut faire l'objet que d'une réponse particulière (manque d'information sur les parties étrangères des bassins).

d) Il paraît impossible de dresser à l'échelle d'une région la planification du réseau d'un grand fleuve qui traverse plusieurs régions, ce problème ne pouvant être vu qu'à l'échelle du bassin de ce grand fleuve.

En réalité, les critères de planification des grands fleuves sont plus simples et d'une autre nature que ceux qui s'appliquent aux petits et moyens cours d'eau, comme on le verra dans cette étude.

Le Service de l'Hydraulique n'ayant pas compétence en matière de grands fleuves domaniaux, les critères de leur planification seront seulement esquissés.

A cette étude quelque peu théorique, destinée à dégager les règles méthodologiques de planification du réseau hydrométrique minimal, est joint en seconde partie un exemple d'application. Cet exemple est tantôt la région de LORRAINE, tantôt le bassin de la MAINE. Les différences géographiques de ces deux exemples permettent un examen plus large des règles de planification.

Pour ce qui est de la LORRAINE, par exemple, la prise en compte des contraintes de limites administratives est envisagée comme suit, avec référence aux règles proposées précédemment :

- prise en compte de la Haute-MEUSE (règle a),
- prise en compte de la Haute-SAONE et des affluents de la Haute-SEINE (règle b),
- étude limitée au tronçon français de la CHIERS et de la SARRE (règle c),
- non-prise en compte de la Haute-MODER (règle b).

## 2. RASSEMBLEMENT de la DOCUMENTATION et ENQUETE REGIONALE

La phase préliminaire à toute étude est le rassemblement de tous renseignements, données et documents nécessaires à celle-ci.

### 2.1 Documentation générale

La documentation générale consiste surtout en documents cartographiques, nécessaires généralement à la détermination des différents critères.

Pour la topographie, nous avons à notre disposition en France, un assez grand nombre d'échelles de cartes.

Notre choix s'est fixé sur deux cartes de France (IGN), de même système de projection (Projection LAMBERT) et publiées intégralement ou sur le point de l'être (1/250 000<sup>ème</sup>) ; ce sont les cartes de France au 1/100 000 et 1/250 000<sup>ème</sup>.

L'échelle du 1/100 000<sup>ème</sup> a été choisie de manière à obtenir une précision acceptable dans la détermination du critère de pente, comme nous le verrons ci-dessous.

Pour la représentation et la mise en forme des documents de synthèse, l'échelle au 1/250 000<sup>ème</sup> a été jugée la plus satisfaisante car, d'une part, elle permet d'établir un document maniable correspondant à une région variant entre 10 000 et 25 000 km<sup>2</sup>, d'autre part, une surface de 4 cm<sup>2</sup>, réduction d'un petit bassin versant de 25 km<sup>2</sup>, y est appréciable.

Pour la géologie, nous disposons des cartes géologiques de France au 1/80 000<sup>ème</sup> et 1/320 000<sup>ème</sup>.

Pour l'hydrogéologie, il n'existe point de carte générale, mais il existe des documents pouvant couvrir certaines régions naturelles, telle la carte hydrogéologique du Bassin Parisien au 1/500 000<sup>ème</sup> (BRGM 1967).

Pour la climatologie, nous disposons de documents généraux tels que l'Atlas Climatologique de France ou des publications de l'O.N.M., mais ils doivent être complétés sur le plan local.

Pour la pédologie, la géomorphologie, ou la végétation, la documentation est ou trop localisée, ou trop générale, elle peut très bien ne pas exister à l'échelle régionale.

### 2.2 Enquête régionale

L'enquête locale permet de compléter cette documentation générale en rassemblant les documents originaux éventuels, tels que les inventaires régionaux des ressources en eau, les monographies hydrologiques, les études locales des phénomènes karstiques, etc...

L'on recherche aussi les études et monographies géographiques qui aideront à la définition des "pays", c'est-à-dire des portions de région constituant pour le géographe des entités homogènes; une certaine concordance peut exister entre ces pays et les zones hydrologiques théoriquement homogènes.

Une reconnaissance éventuelle du terrain peut quelquefois être nécessaire pour visualiser les pays ainsi définis.

### 3. ETUDE des CARACTERES du MILIEU PHYSICO-CLIMATIQUE REGIONAL

Cette étude doit nous conduire à faire apparaître des zones à caractéristiques hydrologiques homogènes déterminant une certaine aptitude au ruissellement et à l'intérieur desquelles un bassin pourrait être représentatif.

Plusieurs secteurs d'une région étudiée peuvent présenter les mêmes caractéristiques, donc faire partie de la même zone hydrologique théoriquement homogène.

A priori nous ne connaissons pas les caractéristiques hydrologiques d'une zone puisque l'implantation d'une station a pour but de les déterminer et de faire apparaître les liaisons quantitatives existant entre lesdits caractères et les facteurs physico-climatiques de la zone, facteurs physico-climatiques qui sont en général assez bien connus.

Le problème pourra donc être résolu par le biais des caractéristiques physico-climatiques : une zone physico-climatique homogène correspondra à une zone hydrologique théoriquement homogène.

Par définition, à l'intérieur d'une zone hydrologique homogène, on admet que les caractères du régime hydrologique prennent des valeurs peu variables; on admet également que d'une zone homogène à une autre voisine, au moins l'un des caractères du régime hydrologique change nettement.

Les caractères hydrologiques dépendent fortement des caractères physico-climatiques. Lorsque ces derniers caractères ont une valeur stable et qu'aucun ne varie brutalement, on admet que la zone où ils sont observés ainsi peut être qualifiée de zone physico-climatique homogène.

Il importe donc de définir des zones à caractéristiques physico-climatiques, en classant les facteurs par ordre d'influence décroissante sur le ruissellement et en négligeant les facteurs secondaires.

Les quatre principales caractéristiques jouant un rôle sur le régime hydrologique sont :

- le climat,
- les caractéristiques du sol et du sous-sol,
- le relief,
- et la couverture végétale.

Dans quel ordre classer ces facteurs ?

Dans la note "Contribution à l'étude d'implantation des bassins représentatifs des régions homogènes" [ 2 ] , l'ordre proposé pour une zone tropicale voisine de 100 000 km<sup>2</sup> est :

- le climat,
- la nature du sous-sol (ou sa perméabilité au sens très large),
- le relief,
- la végétation.



Cet ordre se justifiait pour une région peu accidentée, à végétation naturelle homogène plus ou moins défrichée et où alternaient terrains perméables et imperméables. L'abondance de l'écoulement y dépendait essentiellement de celle des précipitations, la région étant presque semi-aride en certains secteurs.

Un examen comparable doit permettre dans chaque cas de classer au mieux de leur influence les facteurs du milieu.

Si nous considérons chacun de ces facteurs, en France, pour une région limitée à quelques milliers de km<sup>2</sup>, nous nous apercevons que :

- le climat, en zone tempérée non montagneuse, est assez homogène donc devi-  
vient un facteur secondaire, alors qu'il reste prépondérant en zone  
de montagne et en zone méditerranéenne,
- le relief, pouvant modifier la répartition en infiltration et ruisselle-  
ment, estimé sous le simple aspect de la perméabilité, cède le pas à la  
perméabilité du sous-sol en zone non montagneuse, mais en zone monta-  
gneuse ou en zone méditerranéenne il peut être un facteur d'importance  
suivant les cas,
- la végétation, bien qu'influencée par l'homme, reste plus ou moins liée  
à un ou plusieurs des trois précédents facteurs, aussi garde-t-elle une  
importance secondaire.

Nous proposons en règle générale, comme ordre d'importance des  
principaux facteurs physico-climatiques, pour la France :

- en zone tempérée non montagneuse
  - la nature du sous-sol (ou perméabilité)
  - le relief
  - le climat
  - la végétation
- en zone montagneuse ou en climat méditerranéen
  - le climat
  - la perméabilité et le relief (l'ordre de ces deux fac-  
teurs variant suivant le cas)
  - la végétation

Bien entendu, dans certaines situations particulières, l'inver-  
sion des facteurs ou l'introduction d'autres facteurs peut être envisagée.

Nous sommes donc conduits dans un premier stade à diviser, pour  
chacun de ces facteurs physico-climatiques, la région étudiée en zones où  
celui-ci présente une certaine homogénéité dans son ensemble; pour cela  
il faudra déterminer la clé de division en secteurs homogènes. Or, si  
qualitativement les facteurs physico-climatiques d'une région sont assez  
bien connus a priori, il en va autrement lorsque l'on veut les estimer  
quantitativement pour en justifier l'homogénéité.

### 3.1 La nature du sous-sol ou sa perméabilité

Les caractéristiques du sol et du sous-sol s'imposent au premier stade de division en secteurs de caractéristiques homogènes. Cette division paraît devoir s'accomplir selon le critère de la perméabilité du sol et du sous-sol afin d'individualiser des zones à dominance imperméable ou à dominance perméable; plus précisément le critère de perméabilité doit s'entendre comme le critère de l'existence ou non de nappes plus ou moins liées à l'écoulement de surface, critère qui paraît être le plus intéressant en matière de régime d'écoulement des eaux de surface. On pourra également tenir compte dans les critères de division de la vitesse de liaison entre écoulement de cours d'eau et nappe, ou encore du temps de réponse d'une nappe aux précipitations; de ces deux facteurs de temps découle un effet plus ou moins "tampon" du sous-sol sur la restitution des eaux infiltrées à l'écoulement de surface. On est ainsi conduit à séparer les zones où la majorité des écoulements sont superficiels de celles où existe une nappe aquifère qui participe quantitativement de manière non négligeable à l'écoulement des cours d'eau.

La clé de la division réside donc dans l'existence ou l'absence d'un sous-sol perméable et dans le fait que la nappe aquifère de ce terrain perméable, si elle existe, est drainée ou non, en totalité ou partiellement, rapidement ou lentement, par le réseau hydrographique. La perméabilité du sol intervient généralement de façon secondaire et reste un facteur variable déterminant la plus ou moins grande potentialité de ruissellement (ou d'infiltration) dudit sol. En effet, sous cet angle de la perméabilité, sol et sous-sol sont liés mais peut-être pas d'une manière aussi étroite qu'on pourrait le supposer, les conditions de la pédogénèse pouvant très bien modifier, voire inverser relativement la plus ou moins grande perméabilité d'un sol vis-à-vis du sous-sol. On veillera donc à tenir compte des influences du sol sur le sous-sol surtout lorsqu'elles sont contradictoires.

Sur le plan quantitatif, on affronte la difficulté de la séparation entre ces deux types de zones entre lesquelles il n'y a pas de frontière précise.

Si la nappe aquifère est drainée par le réseau hydrographique local, on pourrait prendre comme limite un certain pourcentage de l'écoulement total moyen annuel fourni par le drainage (peut-être 40 % pour la limite inférieure de la zone à dominance perméable et 10 % pour la limite supérieure de celle à dominance imperméable).

En l'absence de drainage local, on pourrait reporter le choix du critère distinctif sur la valeur de la perméabilité moyenne des terrains K mesurée dans des conditions bien déterminées (méthodes d'analyse hydrodynamique des sols en laboratoire ou au champ selon les procédés de MUNTZ ou PORCHET par exemple). On pourrait admettre ainsi comme zone perméable celle où la perméabilité K est supérieure à  $2,10^{-5}$  m/s, soit 35 mm/h (1) environ et comme imperméable celle où K est inférieure à  $4,10^{-6}$  m/s, soit 15 mm/h (1) environ.

---

(1) Ne pas confondre ces valeurs de perméabilité avec celles de l'infiltration réelle in situ ou encore celles du seuil inférieur de précipitation utile, toutes deux assez différentes ne serait-ce que par la microhétérogénéité du terrain, l'action mécanique de la pluie etc...

Dans les deux cas, la bande intermédiaire représente une zone sans dominance particulière en matière de perméabilité.

Il est certain que le choix des limites quantitatives est un peu arbitraire; nous n'en avons parlé que pour en montrer les difficultés car en pratique on ne possède ni les renseignements (critère du pourcentage d'écoulement), ni les moyens de calcul rapide (critère de perméabilité moyenne) ni la certitude que le critère quantitatif de distinction soit significatif (nous pensons à K). La séparation des zones doit donc se faire qualitativement. Le choix est peut-être plus arbitraire, mais il est plus rapide et plus aisé pour un spécialiste averti. On pourrait proposer les normes suivantes de division :

- P<sub>1</sub> - Zone perméable à aquifère drainant ou non drainé : Terrain perméable apte à constituer un aquifère important et généralisé, aquifère n'alimentant pas ou peu le réseau hydrographique en place;  
- calcaire de BEAUCE (Stampien)
- P<sub>2</sub> - Zone perméable à aquifère drainé : Terrain perméable ayant un aquifère important et généralisé alimentant en tout ou partie le réseau hydrographique en place;  
- alluvions récentes sablo-argileuse et limoneuse : Quaternaire - Pliocène  
- sables : Eocène, Sénonien, Turonien, Cénomaniens Albien  
- calcaires poreux et craie : Aquitanien - Ludien  
- grès : Trias inférieur
- P<sub>3</sub> - Zone à perméabilité moyenne ou faible : Principalement terrains à perméabilité moyenne et faible mais aussi terrain perméable de faible extension et puissance, susceptibles de ne former qu'un aquifère d'importance et d'extension réduites;  
- domaines sableux ou crayeux avec couverture d'argile à silex  
- calcaire de TOURAINE : Sannoisien  
- sables, grès et calcaires : Bartonien - Lutétien  
- calcaires et marnes : (Portlandien) Oxfordien  
Lias indifférencié
- P<sub>4</sub> - Zone karstique : Terrain à perméabilité en grand présentant un écoulement souterrain très irrégulier prédominant, c'est-à-dire possédant un réseau karstique important :  
- calcaires karstifiés : Portlandien  
Lusitanien  
Bathonien - Bajocien  
Muschelkalk
- P<sub>5</sub> - Zone imperméable : Terrain imperméable sans aquifère notable;  
- marnes et argiles : Sannoisien inférieur - Ludien  
Cénomaniens - Albien  
Oxfordien - Callovien  
Kimméridgien  
Lias supérieur  
Keuper et Lettenkohle  
- schistes : Carbonifère moyen  
Dévonien  
Silurien  
Précambrien  
- massifs granitiques

S'il existe une carte hydrogéologique de la région, comme pour le Bassin Parisien, on s'y réfère de préférence à la carte géologique puisqu'elle en est déjà une interprétation avec classement du sous-sol en types de terrain perméable, faiblement perméable ou imperméable. Sinon, il faudra avoir recours aux cartes géologiques soit au 1/80 000ème, soit au 1/320 000ème et en faire l'interprétation, en précisant les points suivants (souvent après enquête régionale et examen d'études locales hydrogéologiques) :

- existence ou non d'un drainage de nappe par les cours d'eau - présence de sources - ;
- existence de zones karstiques : pertes, résurgences.

En pratique la détermination en régions de perméabilité homogène se fait en deux stades.

Au premier stade, sur calque avec fond de carte atténué au 1/250 000ème, sont représentés les principaux terrains ou zones de terrains composant le sous-sol de la région, affectés de leur indice de perméabilité ( $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ ); il est souhaitable que ce calque soit établi par un hydrogéologue, sinon qu'il le soit au moins sous ses conseils.

Puis au second stade, sur un autre calque, l'hydrologue établit la carte définitive des régions de perméabilité homogène en réunissant les terrains voisins ayant le même indice et en stylisant le pourtour de ces régions. Il sera amené ainsi à réunir en une seule zone des terrains de classes différentes, opposées, même extrêmes ( $P_1$  et  $P_5$  par exemple) qui, par leur faible extension et leur succession, forment en quelque sorte une zone de perméabilité moyenne mais hétérogène; cette zone sera indicée  $P_{3-H}$  et ne sera prise en considération, lors du choix des bassins, qu'une fois épuisées les possibilités de la zone  $P_3$ .

Il est à signaler qu'il est beaucoup plus facile d'agrandir, lors du report sur document au 1/250 000ème, les limites des différentes zones d'après un document de plus faible échelle, comme c'est le cas avec la carte hydrogéologique précitée, que de réduire et de styliser celles fournies par des documents à plus grande échelle tels que la carte géologique au 1/80 000ème; il est alors recommandé de s'inspirer pour la stylisation de la carte géologique au 1/320 000ème.

### 3.2 Le relief

Le relief est un facteur d'importance capitale sur la plus ou moins grande aptitude au ruissellement des terrains; il peut modifier la répartition entre infiltration et ruissellement, estimée sous le simple aspect de la perméabilité; il est surtout un facteur de répartition des eaux de pluie entre le ruissellement et l'évapotranspiration réelle.

La préhension du relief doit être la plus globale possible; elle peut rester qualitative comme pour la perméabilité mais il est facile d'en donner une vision quantitative sans avoir à effectuer des calculs complexes. Pour cela, on adopte une classification des bassins en sept classes de relief, définie ci-dessous, ce qui permet ensuite une subdivision du paysage en zones de même classe de relief.

### 3.2.1 Détermination de la classe de relief d'un bassin

Le relief d'un bassin est pleinement représenté par ses indices de pentes  $I_p$  ou  $I_G$ .

L'indice de pente  $I_p$  a été défini par M. ROCHE [3]. On le calcule en appliquant la relation :

$$I_p = L^{-1/2} \sum (a_i d_i)^{1/2} \quad (1)$$

dans laquelle :

- $a_i$  représente la portion (%) de la surface A du bassin comprise entre les courbes de niveau voisines  $c_i$  et  $c_{i-1}$ ;
- $d_i = c_i - c_{i-1}$  dénivelée entre les deux courbes de niveau voisines cotées  $c_i$  et  $c_{i-1}$ ;
- L la longueur du rectangle équivalent déterminée par la formule :

$$L = A^{1/2} \frac{C}{1,128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,128}{C} \right)^2} \right] \quad (2)$$

où C est l'indice de compacité ou coefficient de forme

$$\text{avec } C = 0,282 P A^{-1/2} \quad (3)$$

Outre le tracé des courbes de niveau (il en faut trois au moins pour que l'indice ait une certaine précision), il faut délimiter le bassin, mesurer la surface A, son périmètre P, calculer C et L, puis mesurer les surfaces intermédiaires entre les diverses courbes de niveau. L'unité de base de calcul de tous ces caractères est le kilomètre; P, L,  $d_i$  s'expriment en kilomètres, A en  $\text{km}^2$ , C et  $I_p$  sont des nombres sans dimension.

Ce travail assez facile peut cependant être considéré comme trop long, pour une prospection cartographique générale n'ayant pour but que de distinguer des régions à relief homogène et au cours de laquelle plusieurs centaines de bassins doivent faire l'objet de mesures.

On simplifie la tâche en se contentant de calculer l'indice de pente globale  $I_G$  qui s'exprime, lui, en m/km ou en ‰.

Rappelons qu'il ne s'agit pas d'un indice de pente précis, comme  $I_p$  bien qu'il lui soit assez étroitement lié, mais d'un indice simple dont la formule est :

$$I_G = \frac{D}{L} \quad (4)$$

La dénivelée D, évaluée en mètres, est prise égale à celle qui sépare les altitudes ayant approximativement 5 % de la surface du bassin au-dessus et au-dessous d'elles;  $H_5$  et  $H_{95}$  se déterminent à l'estime au vu de la carte altimétrique sans tracer la courbe hypsométrique :

$$D = H_5 - H_{95}$$

L'indice de pente global  $I_G$  a été primitivement conçu pour faciliter l'étude des bassins représentatifs de faible superficie [4], [5]. C'est pourquoi la première subdivision en classes de relief d'après  $I_G$  (on peut le faire aussi d'après  $I_p$ ) a-t-elle eu pour base  $25 \text{ km}^2$ .

Pour une surface de base de  $25 \text{ km}^2$ , il a été établi une division arbitraire du relief en sept classes, à partir d'une division logarithmique des indices de pente  $I_p$  et  $I_G$ . Cela a donné le tableau de classement suivant, en fonction de  $I_G$  :

$R_1$	Relief très faible	$I_G < 2$	m/km
$R_2$	Relief faible	$2 < I_G < 5$	m/km
$R_3$	Relief assez faible	$5 < I_G < 10$	m/km
$R_4$	Relief modéré	$10 < I_G < 20$	m/km
$R_5$	Relief assez fort	$20 < I_G < 50$	m/km
$R_6$	Relief fort	$50 < I_G < 100$	m/km
$R_7$	Relief très fort	$I_G > 100$	m/km

L'indice de pente d'un bassin,  $I_p$  ou  $I_G$ , diminue quand la superficie du bassin croît. Cette variation est à peu près linéaire entre les logarithmes des indices et de la superficie.

Ainsi pour savoir dans quelle classe ranger un bassin d'une superficie donnée on calcule son indice de pente global, puis par application d'un coefficient déterminé en fonction de la superficie (obtenu par tâtonnement sur divers bassins homogènes emboîtés), on obtient l'indice de pente d'un bassin de  $25 \text{ km}^2$  d'aptitude comparable au ruissellement; c'est l'indice  $I_G$  "ramené à  $25 \text{ km}^2$ ", qui fournit la classe de relief recherchée. On a ensuite porté sur un graphique log-log les plages de classes de relief en fonction de S afin de n'avoir plus à calculer d'indice ramené à  $25 \text{ km}^2$ .

Pour s'affranchir de cette dernière opération, nous avons introduit un caractère nouveau, répondant à l'appellation provisoire de "dénivelée spécifique"  $D_s$  s'exprimant en mètres dont la formule est :

$$D_s = I_G A^{1/2}$$

$$\text{ou } D_s = D \times K$$

$$\text{avec } K = \frac{A^{1/2}}{L}$$

Or, d'après la formule (2), nous déduisons que :

$$\frac{1}{K} = \frac{L}{A^{1/2}} = \frac{C}{1,128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,128}{C} \right)^2} \right] = f(C)$$

d'où il apparaît que K n'est fonction que de C, c'est-à-dire de la forme du bassin.

Par conséquent,  $D_S$  est le produit de la dénivelée  $D$  par un coefficient dépendant de l'indice de compacité  $C$ , lequel coefficient est égal à 1 lorsque  $C \leq 1,128$ .

La dénivelée spécifique  $D_S$  est donc indépendante de la surface du bassin, et par conséquent ses valeurs pour différents bassins sont immédiatement comparables entre elles.

Cela nous permet de dresser un nouveau tableau de classement, déduit du précédent établi pour une surface de  $25 \text{ km}^2$ , et applicable, celui-ci, à tout bassin quelle que soit sa superficie :

$R_1$	Relief très faible	$D_S$	$< 10 \text{ m}$
$R_2$	Relief faible	$10 < D_S$	$< 25 \text{ m}$
$R_3$	Relief assez faible	$25 < D_S$	$< 50 \text{ m}$
$R_4$	Relief modéré	$50 < D_S$	$< 100 \text{ m}$
$R_5$	Relief assez fort	$100 < D_S$	$< 250 \text{ m}$
$R_6$	Relief fort	$250 < D_S$	$< 500 \text{ m}$
$R_7$	Relief très fort	$D_S$	$> 500 \text{ m}$

Le fait que  $D_S$  ne soit fonction que de  $D$  et de  $C$ , nous affranchit des calculs intermédiaires; cela nous a permis en outre de dresser un abaque à points alignés assez simple (gr. 1).

Sur cet abaque, l'alignement A.P. nous définit le point C; par une courbe auxiliaire nous obtenons la valeur et le point K, l'alignement K D nous donne le point R c'est-à-dire la valeur  $D_S$  ou directement la classe de relief  $R_i$ .

Rappelons qu'au planimètre se mesure la surface  $A$  du bassin et au curvimètre le périmètre  $P$ ; et qu'à l'estime s'évalue la dénivelée  $D$ .

Pour la mesure du périmètre  $P$ , il faut styliser le dessin du contour du bassin en éliminant dentelures et festons qui n'ont aucune influence sur les temps d'écoulement et accroissent la valeur du périmètre. Ces irrégularités du contour dépendent de la minutie apportée au tracé du contour et leur dessin est donc très variable.

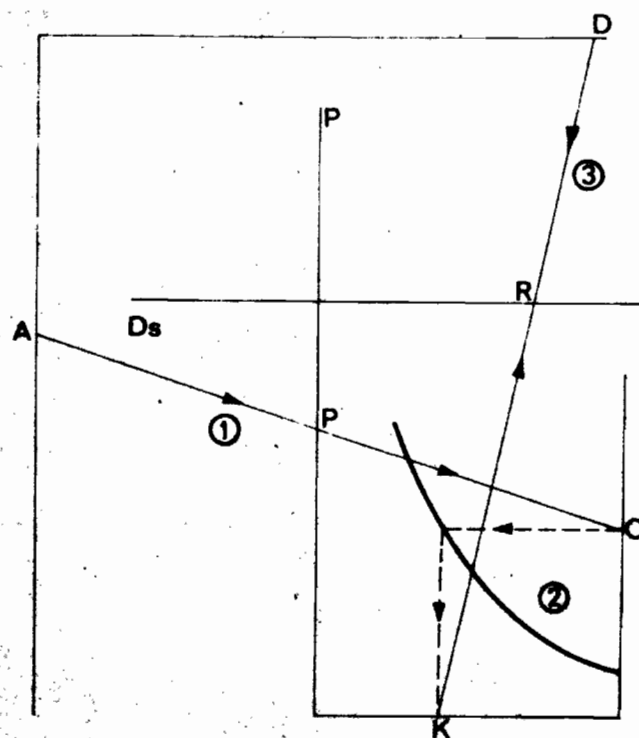
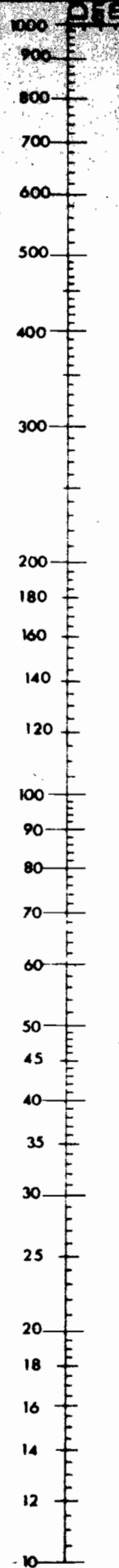
Pour que  $A$  et  $P$  soient évalués avec une précision acceptable, il faut que l'aire à mesurer sur le document soit supérieure à  $5 \text{ cm}^2$  et le périmètre à  $10 \text{ cm}$  [ 5 ] ; ce qui fixe pour la carte au 1/100 000ème, la limite supérieure de surface admissible à  $7 \text{ km}^2$ ; or nous sommes dans une gamme bien supérieure de bassin pour la planification du réseau de base puisqu'il est peu vraisemblable, sauf régions très accidentées et particulières (files par exemple) que des stations de réseau soient implantées en dessous d'environ  $50 \text{ km}^2$  de bassin versant.



Gr.1

# ABAQUE DE CALCUL DE LA DÉNIVELÉE SPÉCIFIQUE ET DES CLASSES DE RELIEF

Mode opératoire

A en km<sup>2</sup>

DSE

15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

P km



R1

R2

R3

P4

R5

R6

R7

Ds

2

3

4

5

6

7

8

9

10

15

20

25

30

40

50

60

70

80

90

100

150

200

250

300

400

500

1000

C

2.5

3

1.5

1.2

1

$$K = \frac{\sqrt{A}}{L}$$



Quant à la limite inférieure de dénivelée  $D$  (m) recommandée pour le calcul de  $I_p$  et de  $I_G$  elle est  $D = 3 d_i$ . L'équidistance des courbes pour la carte au 1/100 000ème est de 20 m en général et de 10 m en plaine, ce qui porte la limite inférieure de la dénivelée à 30 m pour qu'une précision acceptable soit obtenue [ 5 ] .

En zone de plaine, pour un bassin ayant un coefficient de compacité  $C \leq 1,128$ , on a alors  $K = 1$  d'où  $D_S = D = 3 d_i$  et la limite inférieure de  $D_S$  est de 30 m, il sera classé en limite inférieure de  $R_3$  (relief assez faible). Il faudrait donc en plaine une carte d'échelle plus grande. En fait, il ne faut pas oublier que la limite  $D = 3 d_i$  est fixée surtout pour que l'indice de pente  $I_p$  soit déterminé avec une précision acceptable, pour  $D_S$  nous pouvons descendre sans inconvénient au-dessous de cette limite dans le cadre d'une prospection cartographique générale n'ayant pour but que de distinguer des régions à relief homogène. La carte au 1/100 000ème convient donc à cette prospection.

### 3.2.2 Détermination des régions de même classe de relief

Compte tenu, d'une part, qu'il est peu vraisemblable qu'un réseau hydrométrique possède des stations à l'issue de bassin de moins de 25 km<sup>2</sup>, et, d'autre part, que les bassins ne sont jamais homogènes sous l'angle des pentes, surtout lorsque les superficies dépassent quelques centaines de km<sup>2</sup>, la délimitation des classes de relief s'effectue sur bassins unitaires oscillant de préférence entre 50 et 100 km<sup>2</sup>. On peut envisager, pour des bassins de plus grande superficie, composés de sous-bassins unitaires, de déterminer leur classe de relief tant que la complexité du relief des sous-bassins le permet (c'est-à-dire qu'il n'y a pas trop d'hétérogénéité entre eux - écart d'une classe de relief au plus -), mais la limite supérieure pour une telle détermination semble être de l'ordre de 500 km<sup>2</sup>.

Une région de l'ordre de 25 000 km<sup>2</sup> sera donc subdivisée en 400 bassins unitaires environ.

Dans ce cas, il semble préférable pour déterminer les différents facteurs  $A$ ,  $L$ ,  $D$  et  $D_S$  ou  $R$ , d'effectuer chaque opération, planimétrage, curvimétrage, estimation de  $D$  et détermination de  $R$ , pour une série de bassins groupés en grands ensembles (bassin ou sous-bassin fluvial) que bassin par bassin.

Il est également préférable de tracer les limites des bassins dans un certain ordre, par exemple de les prendre dans l'ordre des confluences en partant de la source du cours principal, et de les identifier : nom, si possible, du cours principal drainant le bassin considéré et du lieu le plus proche de l'exutoire dudit bassin, et numérotation.

Lors du tracé des bassins unitaires, l'on recherchera, dans la mesure du possible une bonne compacité de manière à diminuer l'influence de la forme du bassin dans la détermination de  $D_S$  et de la classe de relief  $R$ .

On arrêtera son choix sur la limite inférieure d'un bassin unitaire d'après diverses considérations : rupture visible de pentes dans le paysage, confluence proche ... etc...

La détermination des régions de même classe de relief se fera en deux temps.

Toujours sur calque et à l'échelle de synthèse (1/250 000ème), on reporte d'abord les limites des bassins versants étudiés; on peut y ajouter les limites de grands ensembles ou tous ensembles hydrographiques dont on n'a déterminé que la superficie. Pour chaque bassin l'on indique son numéro et la classe de relief à laquelle il appartient -  $R_4$  par exemple - ou mieux l'indice de cette classe - 4 - . Si le bassin est à la limite de 2 classes de relief, les deux classes seront indiquées :  $R_3$ -4 ou 3-4, pour un bassin à la limite des classes de relief  $R_3$  et  $R_4$ .

Ce calque de travail sera très utile lors du choix des stations.

Puis sur un deuxième calque, élaboré d'après le premier, sont tracées les limites des zones de même classe de relief, limites englobant les bassins versants unitaires appartenant à cette classe ou à la limite de celle-ci : un bassin d'indice 3-4 peut aussi bien être intégré dans une zone de relief  $R_4$  ou  $R_3$  si les bassins l'environnant sont respectivement d'indice 4 ou d'indice 3.

Un bassin isolé ayant son indice voisin de celui de l'ensemble des bassins adjacents sera inclus dans la même zone de relief que ces bassins.

Il s'agit, comme lors du tracé de la carte des perméabilités, d'une opération de stylisation des zones de relief. C'est pourquoi après le travail de découpage stylisé en zones hydrologiques homogènes, il est très utile de revenir à la carte des pentes des bassins unitaires pour la sélection des stations.

### 3.3 Le climat

Le climat intervient généralement dans le bilan hydrologique essentiellement par les précipitations (hauteur annuelle, irrégularité interannuelle, répartition mensuelle, type de précipitations, hauteurs de précipitations exceptionnelles, intensités-durées - surfaces des chutes de pluie, etc...), secondairement par les températures (moyenne annuelle, variation mensuelle, maximums, minimums et écarts, etc...) et beaucoup plus accessoirement par le régime des vents et l'humidité.

Or, en France, la faible superficie d'une région fait que le climat qui y règne est assez peu homogène et sans grande variabilité, ce qui permet de négliger les facteurs secondaires : humidité, insolation, etc...

Il reste que le climat peut être caractérisé sous le seul aspect de la pluviosité et de la température, sans exclure tout autre facteur sélectif dans des cas particuliers, pour discriminer les régions homogènes.

En région de climat tempéré, non montagneux, la quantité réduite de jours de gel et de neige peut permettre de négliger le facteur température et de s'en tenir seulement à la pluviosité.

La pluviosité sera représentée par deux termes : la hauteur moyenne annuelle de précipitations d'une part; et si besoin est, et si des informations sont disponibles, le pourcentage des précipitations dues à la neige en saison d'hiver, d'autre part.

Cette dernière influence peut être caractérisée également par un isotherme ou une altitude plus ou moins précise.

On sait en effet que dans une région peu étendue tous les autres caractères du régime des précipitations sont assez étroitement liés à la hauteur annuelle de pluies.

Donc, dans la plupart des cas, la hauteur moyenne annuelle sera la clé de la division en zones climatiquement homogènes; cette diversification se fera en fonction du gradient pluviométrique régional.

Par exemple, en LORRAINE, la majeure partie du plateau a une pluviométrie comprise entre 650 et 1 000 mm, puis au contact des VOSGES la pluviométrie passe de 1 000 à 2 200 mm environ, aussi avons-nous pris le découpage suivant en classe de climat homogène, de pluviosité croissante :

- H<sub>1</sub> Précipitations annuelles moyennes inférieures à 800 mm
- H<sub>2</sub> Précipitations annuelles moyennes comprises entre 800 mm et 1 000 mm
- H<sub>3</sub> Précipitations annuelles moyennes comprises entre 1 000 mm et 1 400 mm
- H<sub>4</sub> Précipitations annuelles moyennes comprises entre 1 400 mm et 1 800 mm
- H<sub>5</sub> Précipitations annuelles moyennes supérieures à 1 800 mm

La limite des zones climatiques homogènes sera le tracé des isohyètes moyennes interannuelles correspondantes; soit pour la LORRAINE les isohyètes 800 - 1 000 - 1 400 et 1 800. Ces isohyètes seront portées comme de bien entendu sur calque à l'échelle de synthèse.

Nous n'avons pas eu besoin, pour traiter les deux exemples choisis, de faire appel au critère de température, aussi est-il assez difficile de préciser sous quel aspect quantitatif il convient de l'appliquer.

On peut considérer que pour des pays plus ou moins tempérés comme la France l'effet thermique le plus net sur le régime des écoulements en cours d'eau est l'existence ou non de gel plus ou moins prolongé : rupture des conditions d'infiltration sur sol gelé, risque de prise en glace totale ou partielle des biefs des cours d'eau.

Les critères quantitatifs seraient à choisir entre :

- tracé de l'isotherme moyen mensuel de 0° C
- tracé de l'isotherme minimal moyen mensuel de 0° C
- nombre moyen annuel de jours continus de gel

En pays chaud, méditerranéen ou intertropical, la température intervient comme facteur de l'évapotranspiration potentielle, laquelle influe sur la possibilité qu'ont les pluies de donner ou non de l'écoulement.

Il n'est pas certain alors que la prise en compte des seuls isothermes moyens ou maximums moyens mensuels suffise, peut-être faudrait-il faire appel à l'une des formules de calcul de l'évapotranspiration potentielle (THORNTHWAITE, TURC ou PENMAN ? ...).

### 3.4 La végétation

La couverture végétale est le dernier élément du milieu naturel qui puisse intervenir pour la détermination de régions homogènes du point de vue hydrologique.

Le choix des différents facteurs précédents implique plus ou moins, a priori, une prise en considération de la végétation naturelle.

La végétation ne peut donc intervenir comme élément de différenciation, en quatrième stade, sous son aspect botanique et naturel mais sous son aspect de couverture du sol, plus ou moins modifiée sous l'influence de l'homme.

A la division du couvert végétal proposée par les géomorphologues de l'équipe du professeur TRICART à l'occasion d'une cartographie du bassin de la SEINE, [6] : labour, prairie, vigne, verger et cultures maraîchères, friche et lande, forêt, sans oublier les zones rocheuses et les zones urbaines, nous préférons la division suivante qui tient compte de la nature et de la période de couverture, et qui est extraite d'une note de recommandations du B.E.P. relatives aux bassins d'investigation [7] :

#### A - Végétations pluri-annuelles

- a - forêt et bois
- b - culture arbustive (verger et vignes)
- c - prairie, pâture non fauchées

#### B - Végétations annuelles (labours et assolements)

- a - céréales d'hiver et prairie à faucher  
représentant en France le cycle hiver, printemps, été  
c'est-à-dire une longue période de couverture
- b - céréales de printemps et plantes sarclées  
représentant le cycle de printemps, automne, c'est-à-dire  
une courte période de couverture.

Cette division très fine peut être légèrement simplifiée pour des grands bassins et pour l'objectif qui nous préoccupe :

- a - forêt, bois et cultures arbustives
- b - prairies non fauchées
- c - prairies fauchées et grandes cultures

Il n'est pas certain que l'on dispose d'éléments cartographiques permettant une étude fine aussi du couvert végétal. En tout état de cause on devra au moins caractériser le groupe végétal dominant dans une zone donnée, étant entendu, comme une récente étude l'a montré - "Etude des affluents alsaciens du Rhin" par J. HERBAUD - [ 8 ], que le groupe forêt, lorsqu'il est présent en grands ensembles, semble être le plus caractéristique : il influe sur le déficit annuel, la répartition saisonnière et le débit spécifique instantané de crue. Le taux de boisement peut alors être pris comme critère de division du facteur végétation, ce qui a été fait pour la LORRAINE.

Dans le bassin de la MAINE, le paysage de bocage est complexe, aussi a-t-on retenu pour un tel cas de conserver une division fine comprenant les trois groupes de végétations pluri-annuelles individualisés et le groupe de végétation annuelle (cultures) concentré.

Cette division du couvert végétal se concrétise par le tracé de zones homogènes dans lesquelles la couverture végétale considérée dominante occupe tout ou partie du paysage (pourcents de la superficie supérieurs à certains seuils, 75 ou 50 % par exemple), suivant les régions le paysage offre plus ou moins de complexité dans sa couverture végétale et l'on doit faire appel au facteur végétal dominant ou à tout ou partie des cinq groupes de la division fine inspirée du B.E.P.

### 3.5 Détermination des zones hydrologiques théoriquement homogènes

La conjugaison des différents facteurs  $P_1$ ,  $R_1$ ,  $H_1$ ,  $V_1$  fait apparaître des groupements de facteurs qui caractérisent les zones hydrologiques théoriquement homogènes.

La superposition des calques représentant les zones homogènes relatives à chaque critère fait apparaître les limites de secteurs de zones physico-climatiques homogènes correspondant aux zones hydrologiques théoriquement homogènes. Il est en effet souvent possible qu'une zone, par exemple  $P_1 R_1 H_1 V_1$ , occupe plusieurs emplacements géographiques distincts, que nous appellerons des secteurs.

A ce stade, il faut prendre garde de ne pas pousser à l'excès les sectorisations et zonifications, car à l'extrême tous les bassins sont différents à un titre quelconque.

Aussi est-il préférable de superposer successivement les tracés relatifs aux différents critères par ordre d'importance, et, pour éviter la création de bandes marginales ou de secteurs de trop faible superficie pour contenir un bassin unitaire de 50 km<sup>2</sup> environ (8 cm<sup>2</sup> au 1/250 000ème), on peut confondre le tracé assez simple de limite d'un critère avec celui plus rigide d'un autre, par exemple le tracé d'une isohyète avec la limite de deux zones de perméabilité non voisines ( $P_1$  et  $P_3$ ).

Il est même parfois préférable de n'utiliser que les trois premiers critères - perméabilité, climat, relief - lors de la première détermination graphique des zones homogènes, et de ne faire intervenir la végétation qu'à un stade ultérieur.

Le tracé définitif représente la carte des zones hydrologiques théoriquement homogènes.

On procède alors à un inventaire des groupements hydrologiques homogènes et de leurs secteurs, avec leur importance superficielle, en prenant successivement chaque critère suivant son aptitude au ruissellement :  $P_5 R_6 H_5$ ,  $P_5 R_6 H_4$  ...,  $P_5 R_5 H_5$  ... etc ... par exemple.

Ceci afin d'obtenir un classement grossier des zones par aptitude probable au ruissellement. De la sorte, la substitution d'un bassin par un autre situé dans une zone d'aptitude voisine est grandement facilitée lors de l'opération de sélection des stations.

Cet inventaire fait apparaître qu'un groupement peut très bien ne pas être représenté, ou alors l'être par un ou plusieurs secteurs d'importance inégale.

Lors de cet inventaire, pour une classe donnée d'un critère, il sera bon de grouper ensemble les secteurs pouvant présenter un caractère secondaire, par exemple parmi des groupements en  $P_1 R_i H_i$  dégager les secteurs karstiques et les grouper.

C'est à ce stade qu'apparaît la concordance entre le "pays" du géographe défini par une unité du paysage avec les zones hydrologiques théoriquement homogènes.

Le "pays" peut correspondre à un seul secteur de zone important créant un paysage monotone ou bien à la juxtaposition de petits secteurs de zones différentes parfois d'aptitude au ruissellement voisine, parfois d'aptitude éloignée, présentant des paysages très variés mais dont l'ensemble forme une entité pour le géographe.

#### 4. CHOIX des IMPLANTATIONS de STATIONS

##### 4.1 Moyens et critères

Il s'agit d'implanter des stations pour répondre à deux besoins :

- a) saisir la particularité de la plupart des zones hydrologiques théoriquement homogènes précédemment définies,
- b) répondre aux objectifs généraux de l'Administration.

Ces deux points exigent de la part de l'Administration, dans sa politique d'aménagement des bassins hydrauliques et de mobilisation des ressources en eau pour faire face aux différents besoins en présence, de définir :

- des zones cruciales dans lesquelles les ressources sont faibles en face de besoins importants,
- des secteurs susceptibles de faire l'objet à court ou moyen terme d'aménagements hydrauliques, c'est-à-dire où des projets sont déjà suffisamment élaborés.

A partir de ces éléments, carte et inventaire des zones hydrologiques homogènes (classement par aptitude au ruissellement et localisation des secteurs), carte des zones cruciales et d'aménagements, on effectue l'implantation des stations en tenant compte de quelques autres critères tenant soit aux conditions physiques, soit aux conditions économiques, soit au régime hydrologique, soit aux règles de répartition de stations.

a) Critères physiques

- Nature du chevelu hydrographique

Les apports d'un affluent important modifient le régime du cours principal; la connaissance de ces modifications implique donc l'implantation de stations aux grandes confluences.

- Existence de points singuliers

Présence de perte ou résurgence importante modifiant tout ou partie du régime d'écoulement surtout en étiage, modifications qu'il est souvent important de connaître.

b) Critères économiques

Une modification importante de l'écoulement sous l'action de l'homme, telle qu'une prise ou un rejet de tout ou partie des débits d'un cours d'eau vers ou dans un autre, interdit le choix d'un tel bief pour une station de base, à moins que les règles hydrauliques de gestion soient bien connues et permettent aisément le calcul des débits naturels à partir des débits influencés.

L'intervention croissante de l'homme sur l'écoulement naturel est inéluctable, aussi ce critère négatif ne doit-il être appliqué qu'avec une grande souplesse.

c) Critères hydrologiques

La plupart des caractères quantitatifs du régime hydrologique varient avec la superficie, ou mieux avec le logarithme de la superficie du bassin drainé. Il importe donc de répartir les stations à l'issue de bassins occupant des superficies différentes, en faisant en sorte que le nombre de stations soit à peu près le même pour des gammes de superficie d'amplitude logarithmique constante. Ceci permet un échelonnement régulier des stations en fonction du log. des superficies.

La bande de superficie la plus exploitée lors de la planification est sensiblement celle d'un module logarithmique allant de 50 à 500 km<sup>2</sup>.

On peut pour fixer les idées donner un exemple indicatif de découpage de gammes équidistantes en log :

- soit en 2 intervalles par module

50 - 150 / 150 - 500

ces intervalles étendus aux bassins plus grands donnent la gamme de base :

50 - 150 / 150 - 500 / 500 - 1 500 / 1 500 - 5 000 / etc...

- soit en 3 intervalles par module

50 - 100 / 100 - 250 / 250 - 500

d) Critère de répartition des stations et de densité minimale d'un réseau hydrométrique

La densité minimale que nous avons admise en France, rappelons-le, est égale à 3,4 stations pour 1 000 km<sup>2</sup> en zone de montagne ou méditerranéenne et 1,4 station pour 1 000 km<sup>2</sup> en zone de plaine [9] .

Si la région considérée présente à la fois des zones montagneuses et de plaine, il faudra faire une pondération pour déterminer le nombre minimal de stations du réseau de base et la densité minimale régionale.

En réalité, la planification qui a pour but de faire "coller" le nombre de stations à la nature géographique de la région va servir à mieux définir la densité souhaitable du réseau minimal pour la région étudiée. Aussi doit-on se contenter de ne pas trop s'éloigner (2 fois plus ou moins ?) des densités choisies a priori.

Les stations doivent théoriquement être réparties également entre bassins de moins de 1 000 km<sup>2</sup> et de plus de 1 000 km<sup>2</sup>.

Cette répartition est valable au stade d'un grand bassin hydrographique où sont alors prises en compte les stations implantées pour raison économique ou de grande confluence, le long des grands axes fluviaux mais elle ne l'est pas dans le cadre d'une planification régionale, où la densité des stations implantées pour les bassins de moins de 1 000 km<sup>2</sup> ne peut qu'être supérieure à la moitié de la densité minimale régionale.

#### 4.2 Mode opératoire

Pour effectuer le choix des implantations de stations, on procède par éliminations successives. On superpose le calque des zones hydrologiquement homogènes et celui des limites des bassins versants étudiés (il s'agit du calque des pentes des bassins unitaires). On obtient ainsi un inventaire des bassins inclus entièrement ou presque (80 à 90 %) dans les différentes zones répertoriées avec les exceptions suivantes :

- possibilité d'assimilation d'un bassin portant sur plusieurs zones à une de ces zones si elles ne sont différenciées entre elles que par un critère pondérable, critère de pluviométrie en général : un bassin portant sur les zones  $P_i R_i H_{i+1}$ ,  $P_i R_i H_i$  et  $P_i R_i H_{i-1}$  pourra être assimilé à la zone  $P_i R_i H_i$ ;
- hypothèse, pour les grands bassins, de variation normale décroissante du critère relief avec la surface.



Il est conseillé d'établir cet inventaire en tenant compte de la superficie des bassins de manière à faciliter le choix suivant l'une des gammes des surfaces drainées; par exemple en classant les bassins suivant le découpage :

:	1	:	2	:	3	:	4	:	5	:
:	50 - 100	:	100 - 150	:	150 - 250	:	250 - 500	:	> 500	:

le groupement des classes 1 + 2 et 3 + 4 dans la gamme de base à 2 intervalles entre 50 et 500 et celui des classes 1, 2 + 3 et 4 dans la gamme à 3 intervalles.

On procède alors, sur le lot des bassins retenus, à une nouvelle sélection par superposition de la carte des zones cruciales et d'aménagements, sélection qui détermine ou une priorité dans le choix d'un bassin ou son élimination.

On procède enfin au choix définitif. Il est possible que pour certaines stations une alternative soit proposée entre tel ou tel pays, tel ou tel bassin hydrographique, ce qui signifie que plusieurs bassins sont aptes a priori à représenter une certaine zone homogène.

Il est entendu que la carte d'implantation n'a pour but que la définition d'un bief à l'intérieur duquel peut se situer la station choisie. Le choix de la section de mesure est évidemment un problème de gestion et non plus de planification.

La planification du réseau comme la définition des biefs d'implantation des stations est menée sans tenir compte du classement juridique des cours d'eau.

## 5. NATURE des DOCUMENTS de PLANIFICATION

Les documents de planification du réseau hydrométrique minimal d'une région ou d'un bassin sont essentiellement constitués d'un jeu de cartes et d'une notice explicative.

Les cartes qui sont dressées à l'échelle du 1/250 000ème, échelle de synthèse, sont les suivantes :

- une carte du réseau hydrographique, d'après la carte IGN, qui contient tous les cours d'eau figurant sur celle-ci et tous les noms de ces cours d'eau si possible sans oublier surtout ceux des cours d'eau dont les bassins entiers ou partiels font l'objet d'une détermination de classe de relief;
- une carte pour chaque critère du milieu physico-climatique, c'est-à-dire une carte de classes de perméabilités ou d'influence du sous-sol, une carte de classes de relief et une carte des couvertures végétales; si le critère de climat se limite à la hauteur annuelle de pluies, les courbes isohyètes peuvent être portées sur une autre carte de critère de milieu. Toutes ces cartes, comme les suivantes, ont un fond hydrographique simplifié et muet permettant un repérage facile;

- une carte des bassins unitaires étudiés, portant limites et classes de relief indiquées;
- une carte de synthèse des zones hydrologiques théoriquement homogènes,
- une carte de synthèse des zones cruciales d'utilisation des eaux et des aménagements hydrauliques existants ou en projet;
- une carte de planification indiquant les biefs à l'intérieur desquels une station hydrométrique du réseau de base devrait être implantée, dite carte de proposition d'implantation des stations du réseau.

B I B L I O G R A P H I E

---

- 1 - P. DUBREUIL - 1968-1969 - "Etude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture" - ORSTOM - Service Hydrologique et Ministère de l'Agriculture - Direction de l'Equipement et de l'Hydraulique (2 Tomes) - PARIS -
- 2 - P. DUBREUIL - Février 1965 - "Contribution à l'étude d'implantation de bassins représentatifs de régions hydrologiques homogènes" - Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie n° 2 -
- 3 - M. ROCHE - "Hydrologie de surface" - ORSTOM et GAUTHIER-VILLARS éd.
- 4 - Septembre 1967 - "Données de base des bassins représentatifs et expérimentaux - Notice explicative de la fiche, description des observations et mesures effectuées et les caractères physiques et morphologiques" - ORSTOM - Service Hydrologique - PARIS -
- 5 - P. DUBREUIL - Décembre 1966 - "Les caractères physiques et morphologiques des bassins versants - leur détermination avec une précision acceptable" - Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie n° 5 -
- 6 - Centre de Géographie Appliquée de l'Université de Strasbourg - "Bassin de la SEINE - Carte de la couverture végétale au 1/750 000ème" - D.A.T.A.R. - PARIS -
- 7 - B.E.P. - 1970 - "Recommandations relatives à un programme minimum commun des études menées sur bassins versants d'investigation" - D.A.T.A.R. - Action concertée Eau - PARIS -
- 8 - J. HERBAUD - 1968-1969 - "Etude des Affluents alsaciens du Rhin" - ORSTOM - Service Hydrologique et Ministère de l'Agriculture - Direction de l'Equipement et de l'Hydraulique - PARIS -
- 9 - P. DUBREUIL - 1969 - "Nature et répartition des stations hydrométriques de réseaux en France au début de 1968" - Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie - Vol. VI, n° 2 -

## **2<sup>ème</sup> Partie : Application à une région type : la LORRAINE**

PLANIFICATION  
du  
RESEAU HYDROMETRIQUE MINIMAL

---

2ème partie : Application à une région type :  
La LORRAINE

par  
J. GUISCAFRE  
Maître de Recherches à l'O.R.S.T.O.M.

D'après l'enquête portant sur la totalité du réseau français au 1er Mars 1968, dont les résultats ont été publiés dans l'"Etude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture" par P. DUBREUIL, [1], [2], et d'après l'état des stations existantes en Juin 1969, communiqué par le S.R.A.E. LORRAINE, il s'est avéré que la LORRAINE atteignait le stade de planification du réseau minimal de base.

La LORRAINE, si l'on se contente ici d'une division départementale simpliste, comprend un département montagneux, les VOSGES, occupant 25 % de sa superficie, et trois départements non montagneux. En adoptant une densité minimale de 3,4 stations pour 1 000 km<sup>2</sup> dans les VOSGES et 1,4 ailleurs, on a une densité minimale régionale moyenne de 1,9 stations pour 1 000 km<sup>2</sup>.

Au 1er Mars 1968, la densité des stations en place était seulement de 1,1 station pour 1 000 km<sup>2</sup> (dont 0,1 station pour 1 000 km<sup>2</sup> concernant les stations de plus de 10 ans). Cette densité passe à 2,3 en 1969. Le cap de  $D_m = 1,9$  est alors franchi et la planification devient urgente. D'où l'intérêt de cette application des règles méthodologiques à la LORRAINE.

## 1. La REGION

### 1.1 Description sommaire

Région de l'Est de la France, la LORRAINE est une région administrative formée par la réunion de quatre départements : MEUSE, MEURTHE-et-MOSELLE, MOSELLE, VOSGES; sa superficie est de 23 650 km<sup>2</sup>.

On y distingue deux grandes régions naturelles d'inégales superficies :

- le versant Ouest du Massif Vosgien qui représente le tiers de la surface lorraine,
- la bordure orientale du Bassin Parisien.

#### A - Les VOSGES

Les VOSGES constituent un exemple-type de massif au relief mûr, qui s'est trouvé rajeuni à la suite du soulèvement alpin. Mais l'érosion a émoussé à nouveau le relief pour lui donner son aspect caractéristique.

Le Massif des VOSGES présente une double dissymétrie :

- suivant l'axe Nord-Sud, le massif est traditionnellement divisé en deux zones :

a) au Sud, le noyau des VOSGES cristallines s'identifie aux Hautes VOSGES. Du Ballon de GUEBWILLER, culminant à 1 424 mètres, la ligne des crêtes s'abaisse lentement vers le Nord en passant par le HOHNECK (1 362 mètres), le GAZON de FAING (1 303 mètres), pour se terminer au CHAMP du FEU à 1 100 mètres,

b) au Nord, les Basses Vosges gréseuses leur font suite, marquées par les sommets du DONON à 1 008 mètres et du SCHNEEBERG (960 mètres).

Au-delà du col de SAVERNE, le relief se résoud à un plateau dont l'altitude dépasse rarement 400 mètres et qui se raccorde au Massif Schisteux Rhénan.

- Suivant l'axe Ouest-Est, le versant lorrain est en pente douce et se raccorde sans grande dénivellée au plateau lorrain. Il est creusé de dépressions, comme celle de SAINT-DIE.

Le versant alsacien est abrupt et domine la plaine d'ALSACE.

Les hautes vallées conservent l'empreinte des glaciers quaternaires. Certaines ont été barrées par des moraines frontales retenant des lacs (GERARIMER, LONGEMER, ...).

#### B - La bordure orientale du Bassin Parisien

D'une façon générale, la pente topographique s'abaisse lentement vers l'Ouest. Mais une autre direction, Nord-Sud, interfère avec la première, si bien que la composante générale est SE-NW. Ainsi, de 1 300 - 1 400 mètres au Sud-Est, on descend à 320 mètres au Nord-Ouest. Si l'on ne tient pas compte du massif vosgien, la pente s'abaisse de 500 à 300 mètres.

Le paysage est caractérisé par le relief de côtes (ou cuestas) : les terrains tendres argilo-marneux sont affouillés alors que les terrains calcaires durs sont en saillie; ces plateformes structurales font partie des arcs concentriques typiques du Bassin Parisien.

L'alternance de terrains marneux à relief mou et de formations calcaires puissantes permet de distinguer d'Est en Ouest :

- les Vosges gréseuses,
- une légère dépression formée des argiles et marnes du Muschelkalk inférieur et moyen,
- les côtes du Muschelkalk supérieur,
- le Plateau Lorrain, où alternent marnes et calcaires,
- les Côtes de MOSELLE,
- la WOEWRE
- les Côtes de MEUSE,
- une légère dépression terminée par le Massif de l'ARGONNE.

Dans les argiles et les marnes du Plateau Lorrain, les thalwegs sont peu marqués et leur profil transversal très évasé. Ils sont pratiquement inexistantes dans la WOEWRE qui s'étend entre les Côtes de MOSELLE et de MEUSE. Au contraire, dans les calcaires et les grès, les cours d'eau s'enfoncent profondément, pour rejoindre les niveaux de base des grandes vallées.

Du point de vue hydrographique, les principaux cours d'eau coulent du Sud vers le Nord, la MEUSE et la MOSELLE s'engagent dans les massifs ardennais et schisteux rhénan, régions au relief plus accentué. Elles franchissent en quelque sorte une ligne de partage des eaux et échappent à l'attraction du bassin parisien, contrairement aux sous-affluents de la SEINE (AISNE et AIRE, ORNAIN et SAULX).

Par ailleurs, le simple examen d'une carte montre que le cours supérieur de la MOSELLE se dirige vers la vallée de la MEUSE, puis qu'à TOUL il s'en écarte pour finalement se jeter dans le RHIN. Ce phénomène de capture de la MOSELLE est bien connu.

Le bassin de la MEUSE est ainsi désarticulé. Alors qu'en général un bassin présente une forme ovoïde, le bassin supérieur de ce fleuve se réduit à une étroite bande de terrain. Il en est de même pour les sous-affluents de la SEINE.

## 1.2 Délimitation de la zone à planifier

Les limites de la LORRAINE ne concordent pas avec celles des différents bassins hydrographiques.

L'application à la LORRAINE des règles générales édictées dans la partie méthodologique est la suivante :

- a) le bassin de la MOSELLE à la frontière est pris dans son ensemble, y compris la partie luxembourgeoise du bassin de l'ALTBACH,
- b) le bassin de la SARRE à SARREGUEMINES comprend la partie alsacienne de ses affluents, mais on ne peut prendre en considération, par suite du manque d'informations topographiques, que la partie française du bassin de la BLIES, affluent frontalier de la SARRE. Les autres affluents de la SARRE (NIED, ROSELLE) seront étudiés jusqu'à la frontière,
- c) le bassin de la MEUSE est pris dans son intégralité jusqu'à STENAY en incluant la Haute MEUSE qui dépend de la région CHAMPAGNE-ARDENNES; il en est de même pour le bassin de la CHIERS pris en totalité avec la zone belge-luxembourgeoise,
- d) les têtes des bassins de la Haute SAONE, de l'ORNAIN (SAULX comprise), de l'AISNE (AIRE comprise) se trouvant dans la région seront prises en compte,
- e) par contre, les bassins de la Haute MODER et de la Haute ZORN seront exclus, les problèmes de réseau en ALSACE ayant fait l'objet d'études approfondies au stade de la rationalisation [3].

A la suite de cette délimitation, la région à planifier couvre environ 25 500 km<sup>2</sup>.

Le réseau hydrographique général au 1/250 000ème est dessiné sur la carte I.



## 2. FACTEURS PHYSICO-CLIMATIQUES

Le fait que la LORRAINE présente à la fois une zone de montagne et une zone de plateaux, nous a incité à prendre les facteurs physico-climatiques dans un ordre différent de ceux proposés dans la partie méthodologie de ce rapport, qui sont, pour mémoire :

- en zone non montagneuse :

- la nature du sous-sol (ou perméabilité)
- le relief
- le climat
- la végétation

- en zone montagneuse :

- le climat
- la perméabilité et le relief
- la végétation

Comme il sera précisé ci-dessous, en LORRAINE, les zones de forte pluviosité ( $> 1\ 000$  mm) sont à la fois des zones imperméables et de fort relief, le relief de la zone de plateaux est fortement lié à la nature du sous-sol. Le relief s'avère donc un facteur secondaire par rapport à la pluviosité et à la nature du sous-sol; quant à ce dernier facteur, il garde toute son importance dans la zone des plateaux; ce qui nous a conduit à prendre les facteurs physico-climatiques dans l'ordre suivant :

- nature du sous-sol ou perméabilité
- climat
- relief
- végétation

### 2.1 Nature du sous-sol ou perméabilité

On présente une esquisse géologique régionale avant de procéder au découpage des terrains en classes dites de perméabilité.

#### 2.1.1. Esquisse géologique

A l'Ouest des VOSGES, on se trouve sur la bordure orientale du Bassin Parisien. Le sous-sol est constitué par un socle de terrains anciens fortement plissé avant la fin de l'époque primaire, puis arasé et recouvert d'une série sédimentaire essentiellement secondaire. Enfin, des formations plus récentes, limons et alluvions, sont développées dans certains secteurs.

#### A - Le socle de terrains anciens

Les VOSGES au Sud-Est forment un massif d'âge hercynien important par son étendue et son altitude. Au sens géographique du terme, elles sont traditionnellement séparées en deux parties. Les Hautes VOSGES ou VOSGES méridionales sont constituées de gneiss, de granites, de schistes anciens, et d'une série complexe et plissée de terrains dévonien-dinantien. La ligne de crête se tient au-dessus de 1 100 mètres jusqu'au droit de SAINT-DIE. Au Nord du col de SAALES, les Basses VOSGES ou VOSGES du Nord appartiennent déjà au domaine sédimentaire; elles sont constituées de grès du Trias Inférieur. Les sommets culminent rarement au-dessus de 800 mètres; l'altitude moyenne voisine 500 mètres et s'abaisse progressivement vers le Nord.

## B - La série sédimentaire

Cette couverture s'appuie sur les vieux massifs hercyniens des VOSGES, des ARDENNES et du Massif Schisteux Rhénan en ALLEMAGNE, dont les terrains en constituent le soubassement.

A l'Est, la couverture est limitée par le fossé d'effondrement alsacien.

La structure du Bassin Parisien et le jeu de l'érosion font apparaître les terrains en auréoles des plus anciens aux plus récents vers le centre du bassin de PARIS.

Dans l'ordre de superposition, c'est-à-dire d'Est en Ouest, on observe les formations suivantes :

### PRIMAIRE

- Le Permien : série argilo-gréseuse qui n'est pas continue et a une extension et une épaisseur très variables. On peut l'observer principalement dans le secteur de SAINT-DIE.

### SECONDAIRE

- Le Trias inférieur ou Buntsandstein : série gréseuse qui s'étend très largement dans les VOSGES du Nord. Vers le Sud, elle forme une ceinture en limite Nord-Ouest du socle ancien. La limite supérieure passe approximativement par LORQUIN, CIREY-sur-VEZOUZE, RAMBERVILLERS, EPINAL, MONTHUREUX.
- Le Trias moyen ou Muschelkalk : c'est une série calcaire. Il est localement marqué par une côte. Sa limite supérieure suit à peu près la vallée de la SARRE, jusqu'à SARREBOURG, puis passe à LUNEVILLE, CHARMES, VITTEL.
- Le Trias supérieur ou Keuper : il s'agit d'une série essentiellement marneuse ayant une grande extension en MOSELLE. C'est l'étage du sel exploité au Sud de NANCY par les Soudières et les Salines.
- Le Jurassique inférieur ou Lias : le sommet de cet étage est constitué par le minerai de fer. Il est donc aisé de suivre sa localisation en rive gauche de la MOSELLE. A l'Est, la série s'achève par le Rhétien dont la masse gréseuse forme également ressaut dans la topographie. Cette limite peut être jalonnée comme suit du Nord au Sud : Vallée de la CANNER, PANGE, Ouest de CHATEAU-SALINS, SAINT-NICOLAS-de-PORT, rive gauche de la MOSELLE de PONT-SAINT-VINCENT à CHARMES, MIRECOURT, BULGNEVILLE, LAMARCHE.
- Le Jurassique moyen : c'est un ensemble essentiellement calcaire formant le vaste plateau situé à l'Ouest de la MOSELLE, dont la limite orientale est marquée par les Côtes de la MOSELLE.
- Le Jurassique supérieur : le Portlandien et Séquanien calcaires forment respectivement le Barrois et les Hauts de MEUSE qui marquent sur un long parcours la limite Ouest du bassin hydrographique de la MEUSE. L'Argovo-Rauracien est un autre ensemble complexe de calcaire qui forme les Côtes de MEUSE séparant les bassins hydrographiques de la MEUSE et de la MOSELLE. La WOEWRE correspond aux argiles et marnes de l'Oxfordien et du Callovien.

- Crétacé : les séries du Crétacé intéressant la LORRAINE comportent principalement les formations ~~siliceuses~~ d'Argonne (Gaize).

### 2.1.2 Classes de perméabilité

Il a été adopté la division en cinq classes de perméabilité, selon le rapport méthodologique, la classe de perméabilité de la zone étant liée à celle du sous-sol :

- P<sub>1</sub> - Zone perméable à aquifère drainant ou non drainé
- P<sub>2</sub> - Zone perméable à aquifère drainé
- P<sub>3</sub> - Zone à perméabilité moyenne ou faible
- P<sub>4</sub> - Zone karstique
- P<sub>5</sub> - Zone imperméable

Le classement des principaux terrains présenté au tableau I a été effectué à partir de la légende de la Carte Hydrogéologique du Bassin Parisien, des notices de la Carte Géologique de France au 1/80 000ème et de renseignements locaux.

Le dessin stylisé des zones d'égales classes de perméabilité fait l'objet de la carte II.

## 2.2 Le climat

### 2.2.1 Aperçu sur le climat lorrain

Le climat est du type océanique dégradé, marqué par des influences continentales qui ont tendance à s'accroître quand on se dirige vers l'Est.

Il s'agit d'un climat rude où les hivers sont souvent longs et froids.

Les précipitations moyennes annuelles varient entre 650 et 2 300 mm.

Il n'est pas possible d'établir de façon valable une relation entre la pluviométrie et l'altitude. Cependant, la carte des isohyètes paraît assez représentative du relief. On y distingue :

a) deux secteurs de fortes précipitations correspondant aux ARDENNES et aux VOSGES. Dans les ARDENNES, la valeur des précipitations atteint 1 100 à 1 200 mm par an sur la frontière franco-belge. L'augmentation des hauteurs de précipitations est particulièrement nette dans les VOSGES. Dans la partie méridionale, elles sont supérieures à 2 mètres par an. Cette zone de maximum suit la ligne des crêtes et dans la haute vallée de la SARRE les précipitations restent supérieures à 1 800 millimètres;

b) le plateau lorrain : la hauteur de précipitation moyenne est voisine de 800 mm. Sur les Hauts de MEUSE, séparant le bassin de la MEUSE de celui de la SEINE, elle atteint plus de 900 mm. A partir de là, elle décroît jusqu'à la vallée de la MOSELLE, zone de pluviosité inférieure à 700 mm. Ensuite, elle croît de nouveau lentement en direction des VOSGES.

TABLEAU I

CLASSEMENT HYDROGEOLOGIQUE des PRINCIPAUX  
TERRAINS en LORRAINE

	Etage	Formation	Classe de perméabilité :				
			1	2	3	4	5
PRIMAIRE	Antépermien	Socle cristallin et cristallo- phyllien inaltéré					+
	Permien	Série argilo-gréseuse discontinue			±		
	Buntsandstein	Grès et conglomérats		+			
TRIAS	Muschelkalk inférieur	Grès coquillier Marnes		+			+
	Muschelkalk moyen	Marnes et argiles					+
	Muschelkalk supérieur	Calcaires et dolomieu		+		(+)	
	Lettenkohle - Keuper	Succession de Marnes, grès et dolomieu					+
	Réthien inférieur	Grès infraliasique		+			
LIAS	Réthien supérieur	Argiles de Levallois					+
	Hettengien (	Alternance de calcaires, marnes, grès et grès argilo-calcaires					
	Sinemurien )						
	Charmouthien (				+		
	Toarcien	Marnes et argiles					+
	Aalénien	Alternance de marnes, argiles, grès ou calcaires ferrugineux			+		
JURASSIQUE MOYEN	Bajocien	Calcaires dominants avec marnes intercalaires					
	Bathonien inférieur	Calcaires à Clypeus Ploti Oolithe de Jeumont Calcaires de Royaumex Karst assez développé				+	
	Bathonien moyen et supérieur	Marnes et calcaires marneux					+

TABLEAU I

(Suite)

CLASSEMENT HYDROGEOLOGIQUE des PRINCIPAUX  
TERRAINS en LORRAINE

	Etage	Formation	Classe de perméabilité :				
			1	2	3	4	5
JURASSIQUE SUPERIEUR	Callovien-Oxfordien	<u>Argiles et marnes de la Woëvre et</u> <u>calcaires marneux à chailles</u>					+
	Lusitanien	<u>Calcaires</u> variés avec présence de niveaux marneux Karst développé				+	
	Kimméridgien	<u>Marnes</u> et calcaires marneux					+
	Portlandien	Calcaires du Barrois Karst bien développé				+	
	Crétacé inférieur	Alternance de faciès argileux, sableux, gréseux ou calcaires			+		
CRETACE	Aptien supérieur (	Sables verts et blancs		+			
	Albien inférieur )						
	Albien supérieur	Argiles du Gault					+
	Cenomanien moyen et inférieur	Gaize d'Argonne		+			

N.B. - 1) Les principales formations sont soulignées.

2) Le signe (+) indique une tendance.

La neige joue un rôle de stockage non négligeable dans les VOSGES, mais celui-ci est difficile à préciser en l'absence de mesures. L'enneigement est irrégulier en raison de l'altitude moyenne relativement faible du massif, cependant il marque souvent le régime des hauts bassins de la MOSELLE et de la MEURTHE. Mais sans information quantitative sérieuse, on doit négliger le rôle de la neige dans l'élaboration des classes de climat; cette négligence paraît cependant d'importance réduite.

La variation plus ou moins régulière de la pluviosité et de l'altitude se fait également parallèlement à celle des températures, dont le rôle, s'il existe en matière de gel, est masqué. On a donc jugé inutile de faire intervenir un critère de température.

### 2.2.2 Classes de climat ou de pluviosité

Pour tenir compte de l'influence du relief (et sous-entendu de la température, du gel et de l'enneigement), nous avons divisé le climat en cinq classes de pluviosité croissante, déterminées à partir de la moyenne interannuelle (1931-1960) des précipitations :

- $H_1$  - Précipitations  $< 800$  mm
- $H_2$  - Précipitations comprises entre 800 - 1 000 mm
- $H_3$  - Précipitations comprises entre 1 000 - 1 400 mm
- $H_4$  - Précipitations comprises entre 1 400 - 1 800 mm
- $H_5$  - Précipitations  $> 1 800$  mm

Le tracé des isohyètes moyennes interannuelles servant de limite aux différentes classes de climat a été fait d'après l'annexe 9 - Répartition des précipitations - année moyenne 1931-1960 - du rapport "Le bassin RHIN-MEUSE" établi par l'Agence financière de bassin RHIN-MEUSE [4].

Ce tracé a été superposé à la carte de couverture forestière n° V.

### 2.3 Le relief

On a appliqué les règles, proposées dans la note méthodologique, qui ont permis de différencier en LORRAINE six classes de relief à partir des limites de la "dénivelée spécifique"  $D_S$ . Le travail a été effectué pour 360 bassins unitaires ou composés variant de 25 à 850 km<sup>2</sup> environ. Ces classes sont :

$R_2$	Relief faible	10	$< D_S$	$< 25$	m
$R_3$	Relief assez faible	25	$< D_S$	$< 50$	m
$R_4$	Relief modéré	50	$< D_S$	$< 100$	m
$R_5$	Relief assez fort	100	$< D_S$	$< 250$	m
$R_6$	Relief fort	250	$D_S$	500	m
$R_7$	Relief très fort		$D_S$	$> 500$	m

La carte III représente les 360 bassins étudiés, avec leurs limites et classes de relief. Le dessin stylisé des zones d'égales classes de relief fait l'objet de la carte IV.

Les deux classes extrêmes,  $R_2$  et  $R_7$ , ne sont représentées que par un seul bassin pour  $R_2$ , et par deux pour  $R_7$ .

D'autre part, nous avons dû prendre des bassins unitaires de petite taille, inférieurs à 50 km, pour préciser les zones de relief dans les Côtes de MEUSE et de MOSELLE.

#### 2.4 Végétation

La couverture forestière étant assez importante et formant l'élément le plus caractéristique de la végétation en LORRAINE, nous avons retenu le taux de boisement  $tf$  comme seul critère de division en classes de végétation. Trois classes ont été définies :

$F_1$	Couvert forestier faible	$tf < 40 \%$
$F_2$	Couvert forestier moyen	$40 < tf < 60 \%$
$F_3$	Couvert forestier dense	$tf > 60 \%$

Le taux de boisement a été estimé d'après la couverture forestière de la carte au 1/100 000ème de l'IGN.

La carte V représente les zones d'égales classes de couvert forestier.

Ce facteur végétation n'a pas été utilisé lors de la détermination des zones hydrologiques homogènes pour éviter une trop grande sectorisation; considéré comme facteur secondaire, il n'a été pris en compte qu'au moment du ~~choix~~ des bassins représentatifs de zones homogènes vis-à-vis des trois premiers critères.

### 3. Les ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGENES et le CHOIX des STATIONS REPRESENTATIVES

Les différentes limites des classes de perméabilité, de pluviosité et de relief ont été tracées sur cartes au 1/250 000ème (cartes n° II, IV et V); la superposition des trois calques correspondants permet le tracé des zones hydrologiques homogènes qui est matérialisé sur la carte n° VI.

La conjugaison des facteurs  $P_2$  à  $P_5$ ,  $H_1$  à  $H_5$  et  $R_2$  à  $R_7$  fait apparaître plusieurs groupements distincts par association de trois facteurs : on en compte 33 répartis en 96 secteurs géographiques différents.

Ces nombres élevés de groupements et de secteurs sont dus principalement à la succession des auréales des terrains sédimentaires perméables et imperméables, malgré le regroupement en zone  $P_3$   $H_1$   $R_1$  des terrains de classes différentes, opposées, voire extrêmes  $^3$   $H_1$  ( $P_2 - P_5$  par exemple) qui, par leur faible extension et leur succession, forment une zone de perméabilité moyenne mais hétérogène.

Ces groupements couvrent des aspects hydrologiques très variables, depuis l'association  $P_5 H_5 R_6$  qui constitue pour la LORRAINE le maximum d'aptitude au ruissellement, jusqu'à l'association  $P_2 H_1 R_4$  qui représente la zone alluviale de la MOSELLE.

Nous trouvons une bonne concordance entre les "pays" géographiques et les zones hydrologiques homogènes; nous la mettrons en lumière en étudiant les variations des deux principaux facteurs P et H.

En même temps, nous proposerons l'implantation des stations caractérisant les zones hydrologiques homogènes les plus représentatives, étant entendu que les zones de très faible importance seront rattachées à la zone ayant des caractères physico-climatiques les plus voisins.

Le choix des sites est en outre guidé par la carte des "Aménagements hydrauliques et zones cruciales d'utilisation des eaux" (carte VII), sachant que, d'une part, les zones cruciales ou sensibles et les aménagements réclament l'installation de stations, et que, d'autre part, une modification importante de l'écoulement sous l'action de l'homme, telle qu'une prise ou un rejet de tout ou partie des débits d'un cours d'eau vers ou dans un autre, interdit le choix d'un tel bief pour une station de base.

Les sites d'implantation recommandés seront portés sur la carte n° VIII: "Proposition d'implantation du réseau minimal de base", et identifiés par un numéro d'ordre correspondant au tableau II.

Les implantations proposées en remplacement sont identifiées par le même numéro d'ordre suivi d'une lettre minuscule (2 b par exemple). Lorsque nous proposons des implantations de remplacement dans la gamme d'échelonnement des bassins à trois intervalles par module entre 50 et 500 km<sup>2</sup> (50 - 100 / 100 - 250 / 250 - 500) différente de la gamme de base à deux intervalles (50 - 150 / 150 - 500 / 500 - 1 500 / etc...), leur numéro d'identification est suivi d'un indice (5 a<sub>1</sub> et 5 a<sub>2</sub> par exemple); les bassins ainsi indicés seront pris ensemble en remplacement du bassin proposé dans la gamme de base.

### 3.1 Les zones imperméables

Nous avons quatre grands "pays" imperméables caractérisant les groupements en  $P_5 H_1 R_1$ ; ce sont : les VOSGES, les ARDENNES, le PAYS des ETANGS et la WOEWRE.

#### 3.1.1 Les VOSGES ou VOSGES hercyniennes ( $P_5 H_{5-3} R_{7-5} F_3$ )

Les VOSGES sont caractérisées par :

- un relief assez prononcé représentant les classes de relief allant de  $R_7$  à  $R_5$  avec une dominante en  $R_6$ ;
- une pluviométrie variant de 1 000 à 2 200 mm environ correspondant aux classes de climat  $H_3$  à  $H_5$ ;
- et un taux de boisement assez élevé ( $F_3$ ).

Nous proposons 7 sites principaux d'implantation caractérisant les zones dominantes, dont les superficies varient de 50 à 1 100 km<sup>2</sup> : ce sont les sites n° 1 à 7 du tableau II.



TABLEAU II

LISTE des STATIONS REPRESENTATIVES  
de ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGENES

N°	Rivière	Bief	S $\frac{\text{km}^2}{5\%}$	Zone
1	MOSELLE	LE TILOT - FRESSE/MOSELLE	80	P <sub>5</sub> H <sub>5</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
1 a	MOSELOTTE	CORNIMONT	90	P <sub>5</sub> H <sub>5</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
2	BOUCHON	SAPUIS (aval)	50	P <sub>5</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
2 a	MEURTHE	FRAIZE	65	P <sub>5</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
2 b	PETITE MEURTHE	CEFCY (aval)	40	P <sub>5</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
3	MOSELOTTE	St <sup>e</sup> AME (amont)	250	P <sub>5</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
3 a	MOSELLE	VECOUX	210	P <sub>5</sub> H <sub>5</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
4	MOSELLE	REMIREMONT	580	P <sub>5</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
5	NEUNE	LA CHAPELLE	90	P <sub>5</sub> H <sub>3</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
5 a <sub>1</sub>	MORTE	RAVES	60	P <sub>5</sub> H <sub>3</sub> R <sub>7</sub> F <sub>2</sub>
5 a <sub>2</sub>	FAVE	St <sup>e</sup> MARGUERITE	170	P <sub>5</sub> H <sub>3</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
6	VOLOGNE	JARMENIL	370	P <sub>5</sub> H <sub>3</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
6 a	MEURTHE	St DIE	375	P <sub>5</sub> H <sub>3</sub> R <sub>6</sub> F <sub>2</sub>
7	MOSELLE	EPINAL	1 100	P <sub>5</sub> H <sub>3-5</sub> R <sub>5</sub>
8	THONNE	THONNE-les-PRES	50	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
9	CHIERS	Frontière (entrée)	150	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
10	TON	ECOUVIEZ	320	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
11	MULGRABEN	Petit ROHRBACH	48	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
11 a	MUTTERBACH	PUTTELANGE aval	48	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
11 b	NIED ALL.	ALTVILLER	50	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
11 c	SPIN	DIEUZE	45	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
11 d	STRICHBACH	WELFERDING	65	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>1</sub>

TABLEAU II (Suite)

LISTE des STATIONS REPRESENTATIVES  
de ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGENES

N°	Rivière	Bief	$S_{\pm 5\%} \text{ km}^2$	Zone
12	RODE	KIRVILLER	120	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
12 a <sub>1</sub>	RODE	VIEERSVILLER (aval)	95	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
12 a <sub>2</sub>	ALBE	amont confluent RODE	275	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
13	ALBE	RECH	400	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
13 a	SEILLE	VIC/SEILLE	372	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
14	Petite SEILLE	CHATEAU-SALIN	140	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
14 a	NIED All.	TETING-PONTPIERRE	160	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
15	LOISON	MANGLENES	90	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
15 a	LONGEAU	HARVILLE	120	P <sub>5</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
16	YRON	CONFLANS en JARNISY	390	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
16 a	LOISON	JUVIGNY/LOISON	340	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4-5</sub> F <sub>2</sub>
17	ESCH	MANONVILLE	120	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>3</sub> F <sub>2</sub>
17 a	RUPT de MAD	LAHAYVILLE	110	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>3</sub> F <sub>1</sub>
18	ORNE	LABRY	890	P <sub>5</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub>
19	CRUSNE	BOISMONT	85	P <sub>4</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
19 a	MALDITE	DAINVILLE-BERTHELEVILLE	100	P <sub>4</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>3</sub>
20	CRUSNE	LONGUYON	260	P <sub>4</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
20 a	ORNAIN	GONDRECOURT-LE CHATEAU	290	P <sub>4</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
21	CREUE	MAIZEY (amont)	75	P <sub>4</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
21 a	Ru de RECOURT	VILLERS/MEUSE	50	P <sub>4</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>3</sub>
22	Ru FOND de la CUVE	JARNY	50	P <sub>4</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
22 a	CONROY	MOYEUVRE PETITE	87	P <sub>4</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>

TABLEAU II (Suite 2)

LISTE des STATIONS REPRESENTATIVES  
de ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGENES

N°	Rivière	Bief	S km <sup>2</sup> ± 5 %	Zone
23	Ru de l'ETANG	POUSSAY	53	P <sub>3</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>1</sub>
23 a	AUGRONNE	LA BALANCE	40	P <sub>3H</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
23 b	LES AILES	MONTHUREUX/SAONE	45	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
24	MEUSE	LENIZEUL amont	100	P <sub>3</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
24 a	MADON	HEUCHELOUP	170	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
24 b	ANGER	MEDONVILLE	105	P <sub>3</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
25	MADON	MATTAINCOURT-MIRECOURT	380	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
25 a	MEUSE	HACOURT-St THIBAULT	310	P <sub>3</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
25 b	VAIR	REMOVILLE-HAREVILLE	350	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
26	MADON	VOINEMONT-XEUILLY	950-1000	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub>
26 a	MEUSE	NEUFCHATEAU-PREHECOURT	870	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub>
27	BARBOURE	BOVIOLLES	70	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
27 a	VADELAINCOURT	PAROIS	70	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
28	BIESNE	LACHALADE	85	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>3</sub>
28 a	HARDILLON	ECLAIRES	75	P <sub>3H</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
29	ROANNE	LENONCOURT	75	P <sub>3</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
29 a	AMEZULE	LAY-St CHRISTOPHE	85	P <sub>3</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4-5</sub> F <sub>1</sub>
29 b	BOLER	GAVISSE	95	P <sub>3</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
29 c	Ru St Jean	CRAINCOURT	50	P <sub>3</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>1</sub>
30	WISEPPE	WISEPPE	70	P <sub>3H</sub> H <sub>1</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
30 a	BUANTHE	BAULNY	95	P <sub>3H</sub> H <sub>1</sub> R <sub>4</sub> F <sub>3</sub>

TABLEAU II (Suite 3)

LISTE des STATIONS REPRESENTATIVES  
de ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGENES

N°	Rivière	Bief	S km <sup>2</sup> ± 5 %	Zone
31	SARRE ROUGE	ABRESCHVILLER	64	P <sub>2</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
31 a	PLAINE	LES COLLINS	60	P <sub>2</sub> H <sub>4</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
32	SARRE	HERMELANGE	187	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>6</sub> F <sub>3</sub>
32 a	PLAINE	LA TROUCHE (aval)	125	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5-6</sub> F <sub>3</sub>
33	VEZOUZE	CIREY/VEZOUZE	75	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
33 a	MORTAGNE	NEUF-MOULIN	55	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
33 b	VALDANGE	ETIVAL	40	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
34	CONEY	LA MOVE	65	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
34 a	Ru de BAINS les BAINS	MOULIN du BOIS	44	P <sub>2</sub> H <sub>3</sub> R <sub>5</sub> F <sub>2</sub>
35	EICHEL	WALDHAMBACH	125	P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>3</sub>
35 a	HORN	BOUSSEVILLER	95	P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> R <sub>5</sub> F <sub>3</sub>
36	EICHEL	OERMINGEN	280	P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2</sub>
36 a	ROSELLE	Petite-ROSELLE	200	P <sub>2</sub> H <sub>2</sub> R <sub>4</sub> F <sub>2-3</sub>

### 3.1.2 Les ARDENNES ( $P_5 H_{2-3} R_5 F_2$ )

Bien que s'étendant surtout hors des frontières françaises cette région domine toute la rive droite de la CHIERS, dont le bassin est inclus dans la zone à planifier. Elle est caractérisée par un relief assez fort ( $R_5$ ), avec une pluviométrie voisine de 1 000 mm ( $H_{2-3}$ ), et un taux de boisement moyen ( $F_2$ ).

Nous proposons dans cette zone 3 sites échelonnés de 50 à 320 km<sup>2</sup> (n° 8 à 10). Les sites de la CHIERS à la frontière (9) et du TON à ECOUVIEZ (10) ont été choisis pour des raisons économiques et pour connaître les apports à l'entrée en FRANCE.

### 3.1.3 Le PAYS des ETANGS ( $P_5 H_{2-1} R_3 F_1$ )

C'est après les VOSGES la région offrant le plus d'homogénéité. Sa pluviométrie est environ de 850 mm ( $H_2$ ) et son relief assez faible ( $R_3$ ) avec un taux de boisement faible ( $F_1$ ).

Nous proposons 3 sites échelonnés de 50 à 400 km<sup>2</sup> avec une variante à 4 sites représentant le groupement  $P_5 H_2 R_3 F_1$  (n° 11 à 13) et un site (n° 14) d'un groupement voisin  $P_5 H_1 R_4 F_1$ .

### 3.1.4 La WOEWRE ( $P_3 H_{2-1} R_4 F_2$ )

Cette région, comprise entre les côtes de MEUSE et côtes de MOSELLE, est assez proche du PAYS des ETANGS, mais elle est de relief moyen  $R_4$  (présence des bords des côtes de MEUSE) et plus enforestée dans son ensemble ( $F_2$ ).

Nous proposons 4 sites (n° 15 à 18) échelonnés de 90 à 900 km<sup>2</sup> et choisis principalement pour des raisons d'ordre économique et industriel (Vallée de l'ORNE).

## 3.2 Les zones karstiques

Bien que ces zones soient assez étendues, elles ne comprennent pas de bassin très important car elles sont en général entaillées dans le sens de la largeur par les rivières.

Ces zones sont les pays des Côtes et les plateaux calcaires : Côtes de MOSELLE, Pays Haut au Nord, la HAYE au Sud, Côtes de MEUSE, Haut de MEUSE, BARROIS calcaire ( $P_1 H_{2-1} R_{5-4} F_{3-1}$ ).

Nous ne proposerons, pour ces zones, que 4 sites (n° 19 à 22) dont 2 échelonnés (n° 19 et 20); car en zone karstique, l'implantation d'un réseau est plutôt un problème particulier à résoudre localement en fonction des pertes, des résurgences et du réseau souterrain qu'un problème général.

### 3.3 Les zones à perméabilité moyenne ou faible

Nous avons deux groupes de pays suivant la classe de pluviosité, le premier plus arrosé que le second.

#### 3.3.1 La Plaine Sous-Vosgienne, le XAINTOIS, le Plateau de LANGRES, le BASSIGNY Oriental ( $P_3 H_2 R_{5-4} F_2$ )

Cette région peut dans son ensemble être considérée comme faiblement perméable vu la succession de terrains de perméabilité variée.

Elle présente d'autre part un relief assez fort ( $R_{5-4}$ ) avec une pluviométrie comprise entre 800 et 1 000 mm ( $H_2$ ).

L'on a rapproché de cette région l'ARGONNE et la zone des calcaires marneux du BARROIS.

Six sites, n° 23 à 28, sont proposés dont 4 échelonnés de 50 à 1 000 km<sup>2</sup>, caractérisant ces zones.

#### 3.3.2 VERMOIS, SAULNOIS, MESSIN ( $P_3 H_1 R_{5-4} F_1$ )

De zone climatique inférieure à faible pluviosité ( $H_1$ ) et caractérisée par le Lias, cette zone s'étend le long de la MOSELLE.

Nous en avons rapproché la zone Nord des Hauts de MEUSE qui diffère par son taux de boisement ( $P_3 H_1 R_{5-4} F_3$ ).

Ces zones offrent la particularité de ne pas avoir de bassin de grande superficie, aussi avons-nous proposé un site d'implantation pour chacune des zones (n° 29 et 30).

### 3.4 Les zones perméables

Parmi la classe de perméabilité  $P_2$ , la pluviosité et le relief permettent de distinguer 2 zones :

#### 3.4.1 - La ceinture des VOSGES ( $P_2 H_{4-3} R_{6-5} F_3$ )

La première de ces zones est la ceinture des VOSGES comprenant les BASSES VOSGES ou VOSGES gréseuses et la VOGUE. Cette ceinture principalement gréseuse des VOSGES conserve un relief prononcé ( $R_{6-5}$ ) avec une pluviométrie moyenne annuelle élevée (supérieure à 1 000 mm) qui favorise la forêt ( $F_3$ ).

Quatre sites caractérisent les différentes zones (n° 31 à 34).

#### 3.4.2 La Bordure Nord-Est de la LORRAINE ( $P_2 H_2 R_{5-4} F_{3-2}$ )

La seconde est la bordure Nord-Est de la LORRAINE comprenant les PETITES VOSGES au Nord de SAVERNE et le WARNDT qui, par le HARDT en ALLEMAGNE, se rattache au massif schisteux Rhénan. Cette bordure plus basse (400 - 500 m) est moins arrosée ( $H_2$ ) et le relief moins accentué ( $R_{5-4}$ ).

Les deux sites proposés (n° 35 et 36) sont sur l'**EICHEL** affluent de la **SARRE**, en dehors des limites administratives de la **LORRAINE** (ils sont en **ALSACE**); les deux sites de remplacement (35 a et 36 a) sont eux en **LORRAINE**.

Au total, nous avons 36 sites représentatifs des principales zones hydrologiques théoriquement homogènes. La répartition des bassins en fonction de leur superficie est :

: S :	< 150 km <sup>2</sup>	: 150 - 500	: 500 - 1 500	: Total :
: N :	22	: 10	: 4	: 36 :

Le déséquilibre entre les petits et grands bassins est dû, comme nous l'avons déjà fait remarquer, à la succession des auréoles des terrains perméables et imperméables qui sont coupées par les cours d'eau.

#### 4. Le RESEAU COMPLEMENTAIRE sur BASSINS HETEROGENES

Ce réseau est implanté pour compléter la connaissance du régime hydrologique des principaux affluents et des grands fleuves.

L'implantation de ce réseau tient compte de la confluence des cours d'eau et de l'échelonnement des stations.

Les 24 sites d'implantation que nous proposons sont énumérés dans le tableau III.

Leur identification comporte une première lettre majuscule ou minuscule distinguant le bassin fluvial, sauf pour la **SAÔNE** :

- M pour le bassin de la **MOSELLE** (**SARRE exclue**)
- S pour le bassin de la **SARRE**
- m pour le bassin de la **MEUSE**
- a pour le bassin de l'**ALSNE**
- O pour le bassin de l'**ORNAIN**
- S a pour le bassin de la **SAÔNE**

et une lettre majuscule d'ordre (M A, O B par exemple). Les biefs de remplacements sont indicés (M A').

Nous avons pris en compte dans ce réseau complémentaire certains biefs situés en dehors de la **LORRAINE**, comme la **SAÔNE** en aval de **CHATILLON/SAONE** (S a) par exemple, ou pouvant être reportés plus en aval hors des limites de la région.

TABLEAU III

LISTE COMPLEMENTAIRE de STATIONS à l'ISSUE  
de GRANDS BASSINS HETEROGENES

Identification	Rivière	Bief	Superficie (km <sup>2</sup> )
M A	MOSELLE	BAYON - FLAVIGNY	1 800 - 2 000
M A'	MOSELLE	MARON - TOUL	3 000 - 3 400
M B	MEURTHE	RAON-1 <sup>re</sup> ETAPE	870 - 900
M C	VEZOUZE	LUNEVILLE	540
M D	MORTAGNE	GERBEVILLER	500
M E	SANON	DOMBASLE	300
M F	MEURTHE	DOMBASLE FROUARD	2 600 - 3 000
M G	RUPT MAD	BAYONVILLE	350
M H	SEILLE	VIC/SEILLE - SALONNES	370 - 500
M I	SEILLE	CUVRY - METZ	1 200 - 1 300
M J	MOSELLE	HAUCONCOURT	9 400
M K	ORNE	CLOUANGE - GANDRANGE	1 300
S A	SARRE	SARRE-UNION	750 - 800
S B	SARRE	SARREGUEMINES	1 700
S C	NIED Allemande	CONDE-NORTHEN amont	350
S C'	NIED Française	CONDE-NORTHEN amont	500
S D	NIED	CONDE-NORTHEN aval	900
m A	MEUSE	MAXEY	1 500
m B	MEUSE	VERDUN	3 200
m C	CHIERS	LONGUYON aval	560
m D	OTHAIN	OTHE	250
m D'	LOISON	JUVIGNY	340
m F	CHIERS	MONTMEDY	1 300
m F'	CHIERS	CHAUVENCY	1 700
a	AIRE	AUBREVILLE	570
O A	ORNAIN	TREVERAY	500
O B	ORNAIN	REVIGNY/ORNAIN	850 - 900
O C	SAULX	MOGNEVILLE	500
S a	SAÔNE	CHATILLON/SAÔNE aval	600



Il faut admettre que les règles simples de sélection de ces stations peuvent être considérées comme suffisantes et valables pour la majeure partie des cours d'eau jusque vers 1 000 à 2 000 km<sup>2</sup> de bassin versant. Au-delà, il n'est pas exclu que les critères économiques ne deviennent prépondérants et que les propositions faites soient mal situées ou insuffisantes. Cette restriction ne concerne en fait que les biefs de :

- la MEURTHE inférieure autour de NANCY
- la MOSELLE en aval de TOUL
- la MEUSE en aval de COMMERCY

Comme on l'a fait remarquer dans la première partie ces grands fleuves domaniaux et navigables n'étant pas de la compétence du Service de l'Hydraulique, nous n'avons fait des propositions d'implantation de stations les concernant que pour être complet, bien que les critères suivis puissent être jugés un peu simplistes.

#### 5. DENSITE du RESEAU PROPOSE

Les superficies des bassins contrôlés par les stations proposées se répartissent de la manière suivante :

S	: < 150	: 150 - 500	: 500 - 1 500	: 1 500 - 5 000	: > 5 000	: Total	:
N	: 22	: 17	: 16	: 5	: 1	: 61	:

Le déséquilibre entre les bassins inférieurs et supérieurs à 1 000 km<sup>2</sup> tient au fait que nous avons, à part la MOSELLE, pris en charge les têtes de bassins de nombreux cours d'eau affluents de la SEINE et de la SAONE, et aussi au déséquilibre du bassin de la Haute-MEUSE (300 km sans affluent important).

La densité du réseau proposé est  $D = 2,4$  stations pour 1 000 km<sup>2</sup>. Si nous considérons comme région montagneuse les zones de classe de relief égale ou supérieure à  $R_5$ , ces zones couvrant environ le tiers de la région étudiée, sa superficie de 25 500 km<sup>2</sup> se répartit en 8 500 km<sup>2</sup> environ de zone montagneuse et 17 000 km<sup>2</sup> de zone non montagneuse; en prenant respectivement pour chacune de ces zones les densités minimales de 3,4 et 1,4 stations pour 1 000 km<sup>2</sup>, nous obtenons pour la LORRAINE une densité moyenne minimale de 2,1 stations pour 1 000 km<sup>2</sup> ou 53 stations pour la région. Nous ne dépassons ce chiffre que de 8 stations seulement, ce qui est tout à fait admissible.

6. LISTE des CARTES ETABLIES

- I. Réseau hydrographique, d'après la carte IGN au 1/250 000ème
- II. Perméabilité du sous-sol
- III. Classe de relief des bassins étudiés
- IV. Zone de relief
- V. Forêt et pluviosité
- VI. Essai de détermination de zones hydrologiques homogènes
- VII. Aménagements hydrauliques et zones cruciales
- VIII. Proposition d'implantation du réseau minimal de base

Toutes ces cartes, au 1/250 000ème, figurent dans l'encart du dos de la couverture.



DOCUMENTATION

1. CARTOGRAPHIE

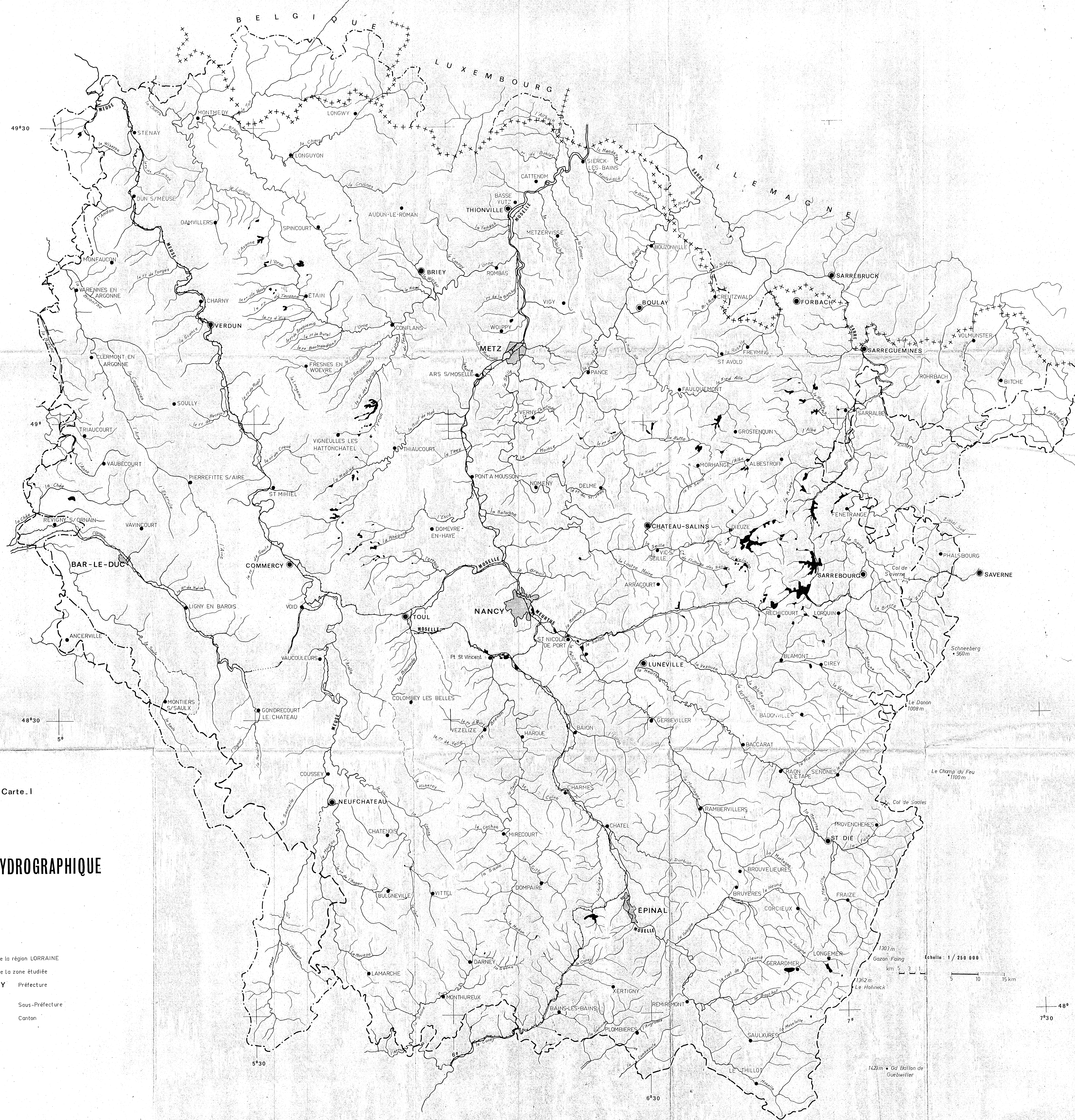
- Carte de France au 1/100 000ème - IGN - feuilles de :  
BAR-LE-DUC, CHALONS-SUR-MARNE, CHAUMONT, EPINAL, FORBACH, HAGUENAU,  
LUNEVILLE, LANGRES, LONGWY, LUXEUIL, METZ, MEZIERES, MONTMEDY, NANCY,  
SAINT-DIE, SAINT-DIZIER, SAINT MIHIEL, SARREGUEMINES, STRASBOURG, THANN,  
THONVILLE, VERDUN, VOUZIERES.
- Carte de France au 1/250 000ème - IGN - feuilles de :  
DLJON, MULHOUSE, METZ (SAARBRUCKEN), REIMS, STRASBOURG.
- Carte géologique de la France au 1/80 000ème - feuilles et notices de :  
BAR-LE-DUC, COMMERCEY, COLMAR, EPINAL\*, LANGRES\*, LONGWY, LUNEVILLE, LURE,  
METZ, MEZIERES, MIRECOURT, NANCY, SARREBOURG, SARREGUEMINES, SAVERNE,  
STRASBOURG, VERDUN, WASSY\*, WISSEMBOURG.  
\* : édition ancienne.
- Carte géologique de la France au 1/320 000ème - feuille de : MEZIERES.
- Carte hydrogéologique du bassin parisien : BRGM - 1967.

2. OUVRAGES et DOCUMENTS

- 1 - P. DUBREUIL - 1968-1969 - "Etude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture" - ORSTOM - Service Hydrologique et Ministère de l'Agriculture - Direction de l'Equipement et de l'Hydraulique (2 Tomes) - PARIS -
  - 2 - P. DUBREUIL - Février 1965 - "Contribution à l'étude d'implantation de bassins représentatifs de régions hydrologiques homogènes" - Cahiers ORSTOM - Série Hydrologie n° 2 -
  - 3 - J. HERBAUD - 1968-1969 - "Etude des Affluents du Rhin" - ORSTOM - Service Hydrologique et Ministère de l'Agriculture - Direction de l'Equipement et de l'Hydraulique - PARIS -
  - 4 - Mai 1968 - "Le bassin Rhin-Meuse" - Agence financière de bassin Rhin-Meuse - METZ -
- 1937 - "Géographie Lorraine" - Société des Etudes Locales de Nancy - Editeur : BERGER-LEVRAULT - NANCY -
  - 1963 - "Atlas de la France de l'Est" - Association pour l'Atlas de la France de l'Est - Librairie ISTRAT et BERGER-LEVRAULT - STRASBOURG/NANCY -


- Yan l'HOTE - Décembre 1967 - "Etude hydrologique de la SEILLE" -  
Université de PARIS, Faculté des Sciences - Ministère  
de l'Agriculture - SRAE LORRAINE - METZ -
- "Monographies Agricoles Départementales" - Ministère de l'Agric-  
ulture :
  - n° 54 : La MEURTHE-et-MOSELLE
  - n° 55 : La MEUSE
  - n° 57 : La MOSELLE
  - n° 88 : Les VOSGES
- R. DURAND - 1963 - "Contribution à l'étude de l'hydrographie pis-  
cicole du département de MEURTHE-et-MOSELLE -
- Avril 1949 - "Rapport de la Commission d'Etude Technique des inon-  
dations de Décembre 1947 dans le bassin lorrain" -  
Préfecture de MEURTHE-et-MOSELLE - NANCY -
- R. WAGNIER - 1948 - "Etude de l'alimentation en eau potable des  
communes de MEURTHE-et-MOSELLE" - Ministère de l'A-  
griculture - Direction Générale du Génie Rural et de  
l'Hydraulique Agricole - Annales du Génie Rural,  
fascicule 70 - PARIS -





LORRAINE Carte. I

# RESEAU HYDROGRAPHIQUE

- Limite de la région LORRAINE
- Limite de la zone étudiée
-  **NANCY** Préfecture
- **ST DIE** Sous-Préfecture
- **ETAIN** Canton

Echelle : 1 / 250 000


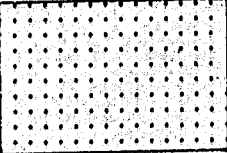
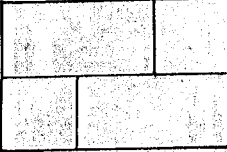
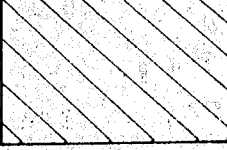
0 5 10 15 km

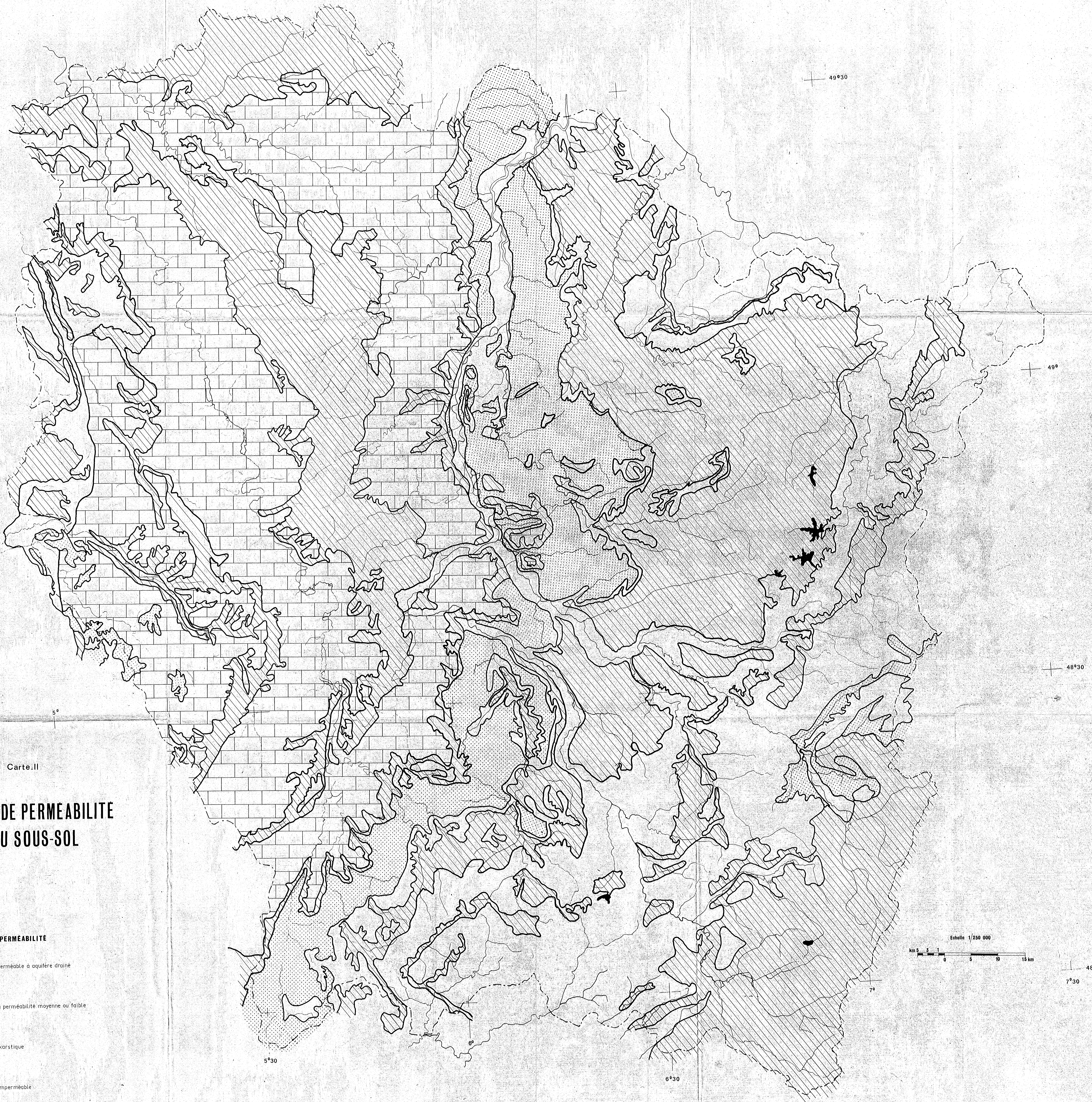


LORRAINE Carte.II

## ZONES DE PERMEABILITE DU SOUS-SOL

### CLASSES DE PERMEABILITE

- |    |  |                                       |
|----|--|---------------------------------------|
| P2 |  | Zone perméable à aquifère drainé      |
| P3 |  | Zone à perméabilité moyenne ou faible |
| P4 |  | Zone karstique                        |
| P5 |  | Zone imperméable                      |





LORRAINE Carte III

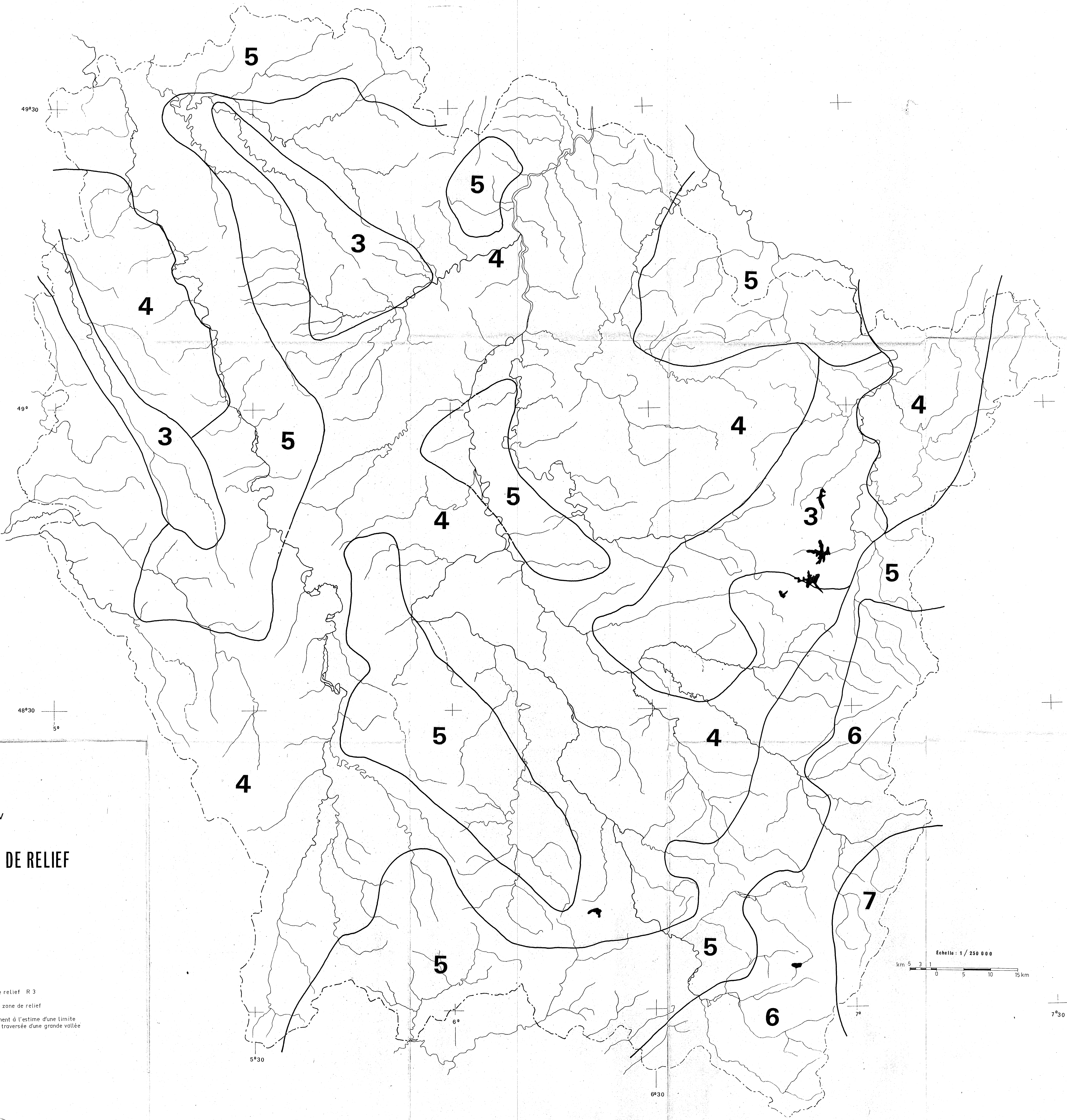
## BASSINS ETUDIES LIMITES ET CLASSES DE RELIEF



- Bassin simple de classe de relief 3
- Bassin simple à la limite des classes de relief 3 et 4
- Bassin composé
- Bassin de classe de relief indéterminée
- Limite des grands bassins

Echelle: 1 / 250 000  
km 5 3 1 0 5 10 15 km





LORRAINE Carte IV

## ZONES DE RELIEF

- 3** Classe de relief R 3
- Limite de zone de relief
- Raccordement à l'estime d'une limite  
lors de la traversée d'une grande vallée

Echelle : 1 / 250 000

km 5 3 1 0 5 10 15 km


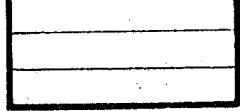
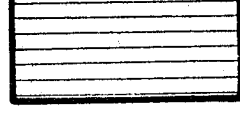


LORRAINE Carte.V

## ZONES DE FORÊT et PLUVIOSITÉ

CLASSES DE COUVERTURE FORESTIÈRE

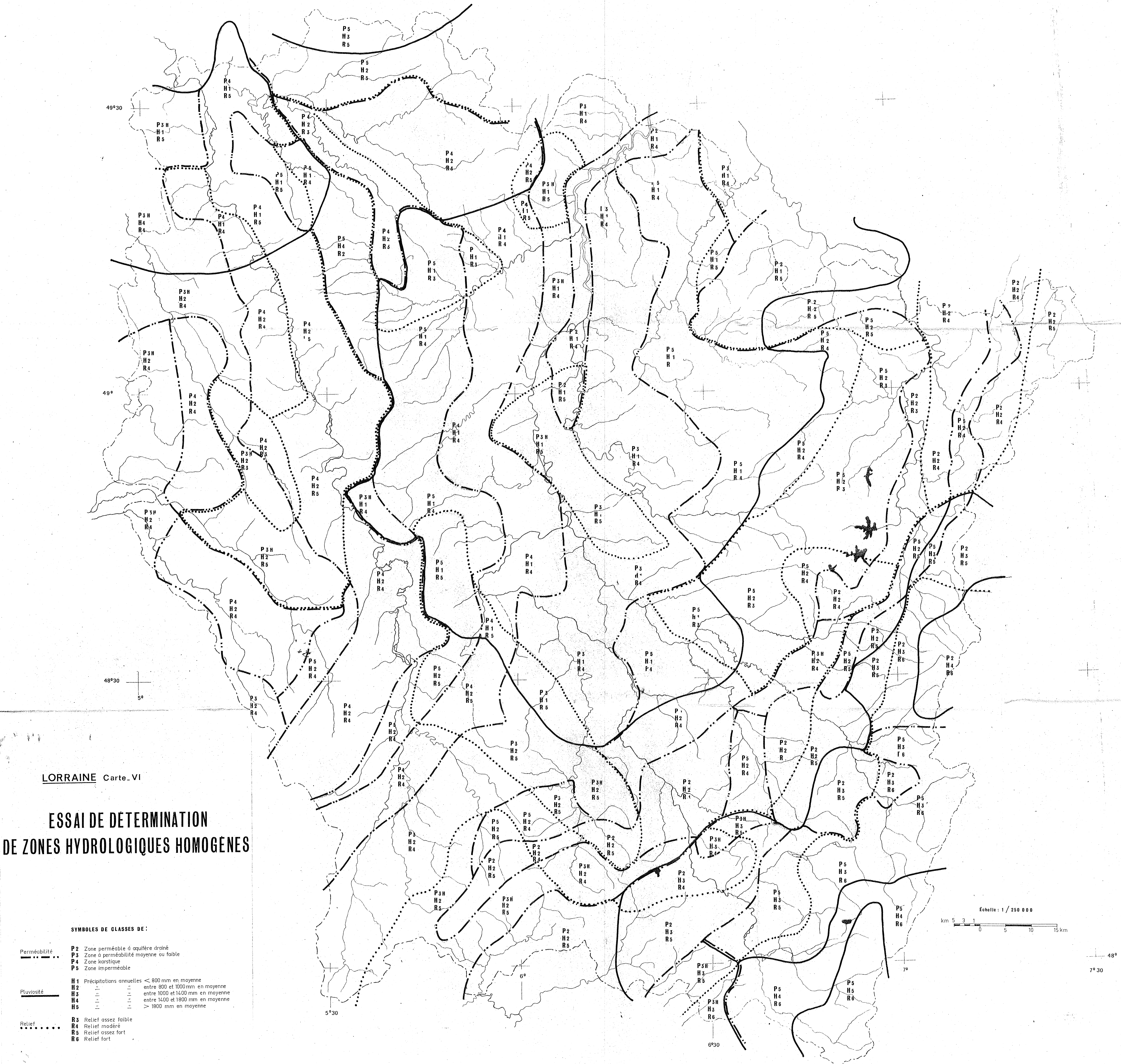
Taux de boisement

- F1  < 40%
- F2  40 à 60%
- F3  > 60%

800 — Isohyète interannuelle  
(période 1931-1960) en mm  
limite de classes de pluviosité

Echelle : 1 / 250 000  
km 5 3 1 0 5 10 15 km





LORRAINE Carte VI

# ESSAI DE DÉTERMINATION DE ZONES HYDROLOGIQUES HOMOGÈNES

SYMBOLES DE CLASSES DE :

- Perméabilité

  - P2 Zone perméable à aquifère drainé
  - P3 Zone à perméabilité moyenne ou faible
  - P4 Zone karstique
  - P5 Zone imperméable
- Pluviosité

  - H1 Précipitations annuelles < 800 mm en moyenne
  - H2 entre 800 et 1000 mm en moyenne
  - H3 entre 1000 et 1400 mm en moyenne
  - H4 entre 1400 et 1800 mm en moyenne
  - H5 > 1800 mm en moyenne
- Relief

  - R3 Relief assez faible
  - R4 Relief modéré
  - R5 Relief assez fort
  - R6 Relief fort

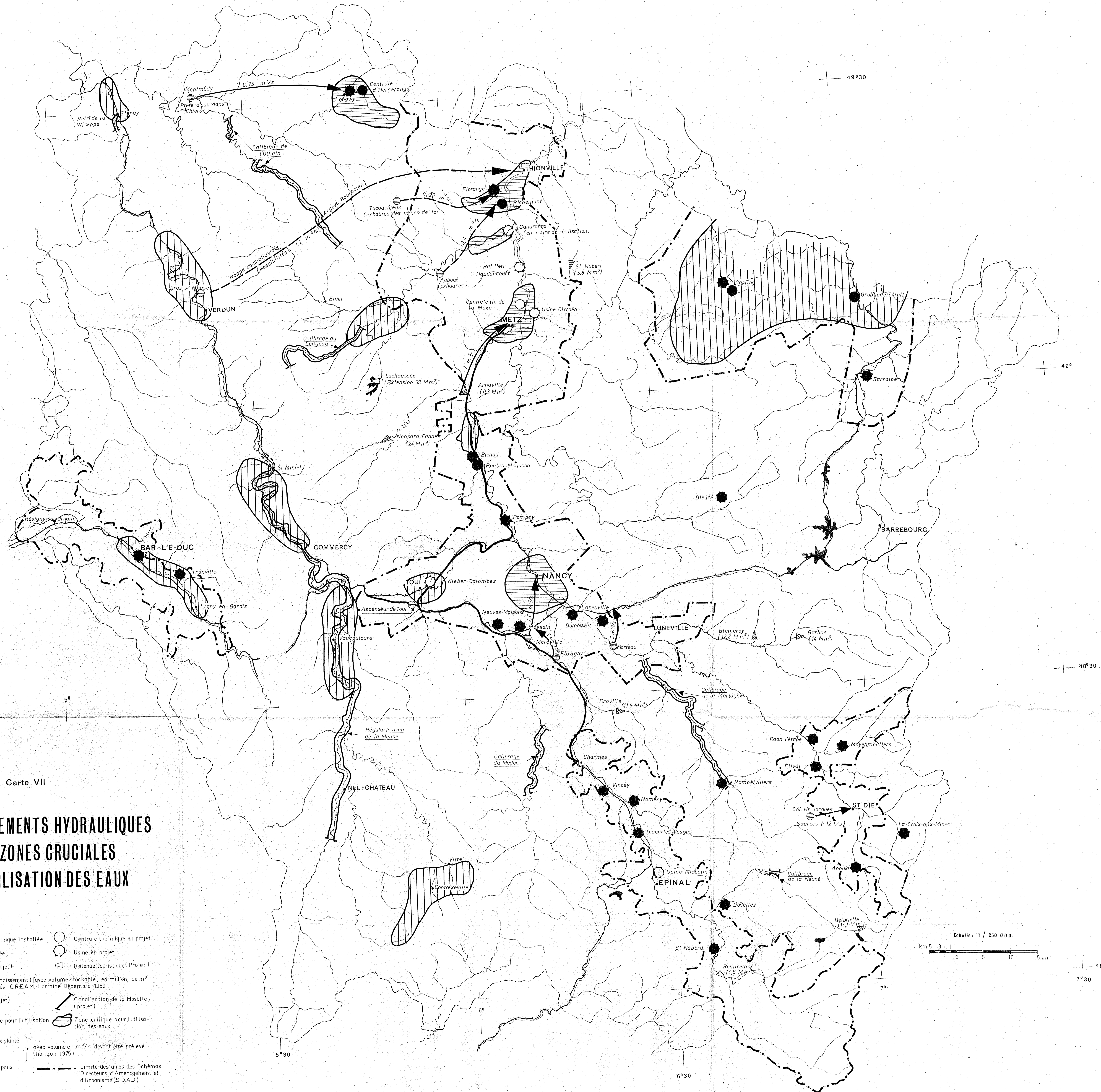
Échelle : 1 / 250 000  
km 5 3 1 0 5 10 15 km



LORRAINE Carte VII

## AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES ET ZONES CRUCIALES D'UTILISATION DES EAUX

- Centrale thermique installée
  - Centrale thermique en projet
  - Usine installée
  - Usine en projet
  - △ Retenue (Projet)
  - △ Retenue touristique (Projet)
  - △ Retenue (agrandissement) [avec volume stockable, en million de m<sup>3</sup> (M.m<sup>3</sup>) d'après O.R.E.A.M. Lorraine Décembre 1969]
  - Travaux (projet)
  - Canalisation de la Moselle (projet)
  - Zone sensible pour l'utilisation des eaux
  - Zone critique pour l'utilisation des eaux
  - Prise d'eau existante
  - Projet
  - Canaux principaux
- avec volume en m<sup>3</sup>/s devant être prélevé (horizon 1975)
- — — Limite des aires des Schémas Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme (S.D.A.U.)





LORRAINE Carte - VIII

PROPOSITION D'IMPLANTATION  
du  
RÉSEAU MINIMAL DE BASE

STATIONS REPRÉSENTATIVES DE ZONE HYDROLOGIQUE HOMOGÈNE

- 21 Site recommandé
- 21a Site de remplacement

STATIONS SUR GRAND COURS D'EAU

- ▭ SC Site recommandé
- ▭ SC' Site de remplacement

